



Escola Tècnica Superior d'Enginyers
de Camins, Canals i Ports de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

TESINA D'ESPECIALITAT

Títol

Aplicación del Lean Thinking a la Construcción.

Autor/a

Salvador Herrandiz Espuny

Tutor/a

Gonzalo Ramos Schneider

Data

Maig- 09

Agradecimientos

Me gustaría empezar mostrando mi agradecimiento al tutor de esta tesina, Gonzalo Ramos Schenider, por sus inspiradores consejos y por el tiempo dedicado a esta tesina, tiempo que en muchos casos no tenía.

Gracias a todos los profesores que he tenido, que tengo y que tendré ya que gracias a ellos sé lo que sé, que es muy poco , pero que espero que en el futuro sea un poco más.

Gracias a mis abuelos y a mi hermana por su apoyo y comprensión en los momentos difíciles, parte de esto es vuestro.

Muchas gracias a mis padres, ya que gracias a ellos soy quien soy, estoy donde estoy y tengo lo que tengo, sin vosotros nada hubiera sido posible.

Gracias a mi novia Sara, porque me ha convertido en la persona más feliz del mundo, por su comprensión, y por ser la locomotora que estira de mi tren.

Y por último, gracias a mis MUCHOS amigos, por tan buenos momentos y tantas risas juntos y porque consiguen que cada día sea un poco más feliz.

Resumen

La industria de la construcción se ha considerado de forma histórica como una industria poco eficiente. En muchas ocasiones se asocia la construcción a altos costes, baja productividad, poca calidad en los productos acabados y unos márgenes de beneficio bajos. Además, es prácticamente la única industria donde casi siempre los costes reales que se tienen al ejecutar el proyecto son superiores a los costes planificados. Al problema de la eficiencia se le añade el “conservadurismo” que rodea a la construcción ya que son muy pocas las nuevas técnicas que consiguen introducirse en el día a día de la industria. Muchos autores consideran que la industrialización de la construcción podría solventar la mayoría de estos problemas, pero muy pocos son los que han conseguido introducir cambios efectivos en la construcción.

Después de la segunda guerra mundial un ingeniero de Toyota (Taiichi Ohno) creó la filosofía Lean. Ésta tenía como meta la eliminación de los despilfarros mediante la producción eficiente y la mejora continua, y que sirvió entre otras cosas para demostrar que el sistema de producción en masa no era ni el único ni el mejor, y que transformó a una empresa pequeña como Toyota en la primera de su sector.

A principios de 1990 un grupo de investigadores americanos, consideró que la filosofía Lean se podía aplicar a la construcción sobretodo en lo que se refería a los conceptos clave de ésta, producción eficiente y mejora continua, e inventaron el término Lean Construction.

El Lean Construction es una filosofía y en ningún caso es una receta de pasos a seguir, la filosofía indica la meta pero no como llegar a esa meta. En nuestro país hay poco conocimiento en general sobre el Lean Construction, pero se supone que es un objetivo que la industria de la construcción se marca para los próximos 15 años tal y como lo afirma la Plataforma Tecnológica de la Construcción, institución formada por los departamentos de I+D de las grandes constructoras españolas.

El gran problema actual de las constructoras españolas es querer maximizar los beneficios en cada proyecto de forma singular y eso pasa porque no son capaces de ver las relaciones entre los diferentes agentes que participan en el proceso constructivo a largo plazo, provocando un gran perjuicio al cliente final.

En teoría las aplicaciones que el Lean Construction propone mejorarían de forma sustancial el proceso de construcción, ya que desde el concepto valor, reducirían los despilfarros, y aumentarían la calidad para el cliente.

Para concluir, aunque la filosofía Lean no triunfe en la construcción, herramientas como el Data Wearinghouse o el Data Mining deberían ser fundamentales en las constructoras españolas, ya que el valor del conocimiento es incalculable y no se debería obviar, como se hace en la actualidad.

Abstract

The construction industry has been considered historically as a low efficient industry. Normally it is associated with high costs, low productivity, poor quality and low benefit margins. Furthermore, is the only one where the real costs are always higher than the costs planned at the beginning of the project. There is another problem added to the low efficiency, the “tough thought” of the construction industry which is showed by the few new techniques introduced in the construction world. The industrialisation of the industry is considered by many investigators as the solution for the majority of the problems commented above, but few are who has finally introduced effective changes into the construction.

After the WWII a Japanese engineer from Toyota (Taiichi Ohno) made up the Lean philosophy. The philosophy goal was to eliminate the muda by the efficiency of the production and with the continuous improvement. The new philosophy showed to the world that the mass production was neither the only one nor the better one and turned Toyota into the leader of its sector.

At the beginning of the 90's an American investigation group thought that this philosophy could be applied into the construction with the basis of efficient production and continuous improvement. They invented the term “Lean Construction”.

The Lean Construction is a philosophy, not a recipe to follow. It indicates the goal but not the way to reach it. In our country the Lean Construction knowledge is not very vast, but it is supposed to be one of the the industry objectives during the following years as is supported by the Plataforma Tecnológica de la Construcción (An institution built with the I+D departments of the biggest Spanish construction companies).

Nowadays the hardest problem that the construction Spanish companies have to face is their own obsession to maximize the profits in each singular project. This is a consequence of their lack of faith in a long-time relationship between the different construction agents. This affects in a bad way to the final product delivered to the client.

The Lean Construction's applications would improve substantially the construction process. From the concept of the value, it will reduce the muda and it will obtain for the client a better final product.

To sum up, even if the Lean philosophy does not achieve its objectives in the construction industry, applications such as the Data Wearinghouse or the Data Minig should be fundamental for the Spanish construction companies in the future. The value of the knowledge is endless and it could not be forgotten as it happens currently.



Índice

Capítulo 1- Introducción y objetivos.....	7
1.1 Introducción.....	8
1.2 Objetivos.....	9
Capítulo 2-El Lean Thinking	10
2.1 Historia del Lean Thinking.....	11
2.2 Principios del Lean Thinking.....	12
2.2.1 Especificación del valor.....	13
2.2.2 La cadena de valor.....	14
2.2.3 Flujo.....	14
2.2.4 Pull.....	14
2.2.5 Perfección.....	15
2.3 Kaizen.....	16
2.4 El sistema de las 5's.....	17
2.5 Despilfarros.....	19
2.6 Técnicas y herramientas del Lean Thinking.....	19
2.7 La pirámide de Liker.....	21
Capítulo 3-Lean Construction.....	23
3.1 Introducción.....	23
3.2 Principales diferencias entre la industria de la construcción y la industria manufacturera.....	23

3.3 ¿Lean en la construcción?.....	26
3.4 Lean en la Contrucción.....	27
3.5 El valor del cliente en la construcción.....	29
3.6 Desperdicios en la construcción.....	30
3.7 Las 5's en la construcción.....	34
3.8 Productividad.....	35
3.9 Estandarización del trabajo.....	36
3.10 Ejemplos de trabajo estandarizados.....	37
3.11 La salud del trabajador.....	39
3.11.1 El cubo de Sperling.....	40
3.12 Incentivos por rendimientos.....	41
3.13 El proceso de construcción según la filosofía tradicional.....	42
3.14 El proceso de construcción según la filosofía Lean.....	44
3.15 Principales diferencias entre los dos procesos.....	45
Capítulo 4-Aplicaciones.....	47
4.1 Introducción.....	48
4.2 The last planner.....	48
4.2.1 Introducción.....	48
4.2.2 Elementos del sistema.....	49
4.3 Benchmarking.....	55
4.3.1 ¿Qué es?.....	55
4.3.2 Fases para hacer un benchmarking.....	56

4.3.3 Indicadores de desempeño.....	57
4.4 Utilización del sistema 4D y de la línea de balance.....	60
4.4.1 Introducción.....	60
4.4.2 Planificación mediante la línea de balance.....	60
4.4.3 Simulación y visualización utilizando el 4D.....	62
4.4.4 Ejemplo de aplicación.....	63
4.5 Mapeo de la cadena de valor en la construcción.....	65
4.5.1 Introducción.....	65
4.5.2.El concepto de valor.....	65
4.5.3 La cadena de valor.....	67
4.5.4 Mapeo de la cadena de valor.....	68
4.6 El valor del conocimiento, Datawarehousing.....	70
4.6.1 Introducción.....	70
4.6.2 Definición.....	71
4.7 Datamining en la construcción.....	72
4.7.1 Definición.....	72
4.7.2 Características de la información en la construcción.....	72
4.7.3 Datamining.....	72
4.7.4 Análisis de la información.....	73
4.7.5 Pasos para el datamining.....	74
4.8 Control de calidad bajo la filosofía Lean.....	74
4.8.1 Introducción.....	74

4.8.2 Delegación de responsabilidades aguas abajo.....	75
4.8.3 Partes fundamentales del control de calidad.....	76
4.8.4 Distribución de responsabilidades.....	78
4.9 Reducción de accidentes bajo el diseño.....	79
4.9.1 Introducción.....	79
4.9.2 Previendo los accidentes en la fase del diseño.....	80
4.9.3 La importancia de la comunicación.....	81
Capítulo 5-Conclusiones.....	83
Referencias Bibliográficas.....	85
Bibliografía Consultada.....	85
Anejos.....	88

CAPÍTULO 1

Introducción y Objetivos

1.1 Introducción

La industria de la construcción se ha considerado de forma histórica como una industria poco eficiente. En muchas ocasiones se asocia la construcción a altos costes, baja productividad, poca calidad en los productos acabados y unos márgenes de beneficio bajos. Además, es prácticamente la única industria donde casi siempre los costes reales que se tienen al ejecutar el proyecto son superiores a los costes planificados.

Al problema de la eficiencia se le añade el “conservadurismo” que rodea a la construcción, ya que son muy pocas las nuevas técnicas que consiguen introducirse en el día a día de la industria.

Muchos autores consideran que la industrialización de la construcción podría solventar la mayoría de los estos problemas, pero muy pocos son los que han conseguido introducir cambios efectivos en la construcción.

Después de la segunda guerra mundial un ingeniero de Toyota (Taiichi Ohno) creó la filosofía Lean o tal y como se conocía entonces “Sistema de producción Toyota, que tenía como meta la eliminación de los despilfarros mediante la producción eficiente y la mejora continua. Esta nueva filosofía sirvió para demostrar que el sistema de producción en masa no era el único ni el mejor, y transformó a una empresa pequeña como Toyota a la multinacional que hoy en día conocemos, y que en la actualidad es la primera en su sector.

A principios de 1990 un grupo de investigadores americanos, consideró que la filosofía Lean, que tan buenos resultados había dado a la industria automovilística, se podía aplicar a la construcción, sobretodo en lo que se refería a los conceptos clave de ésta, producción eficiente y mejora continua, e inventaron el término Lean Construction.

El término Lean Construction ha evolucionado mucho desde 1990 y cada vez son más los que comparten la idea de que el Lean Construction mejora de forma sustancial los resultados de la construcción.

En los países escandinavos y anglosajones el termino Lean Construction es ya un hecho y muchos son los constructores que lo aplican en sus obras; por el contrario, en España, es un término poco conocido para la gran mayoría, aunque no para todos, puesto que la Plataforma Tecnológica de la Construcción 2030, que la forman los departamentos de I+D de las grandes constructoras Españolas, consideran la aplicación de ésta como uno de los grandes objetivos para los próximos años.

1.2 Objetivos

El objetivo principal de esta tesina es estudiar la aplicación de la teoría japonesa Lean Thinking a la construcción y consecuentemente estudiar los posibles beneficios o desventajas que ésta aplicación provocaría.

Para lograr este objetivo, el estudio incluye los siguientes objetivos específicos:

1. Conocer qué es y en qué se basa la filosofía Lean, para ello se estudiará los orígenes de la filosofía, el contexto histórico en la que nace, se intentará dar respuesta al porque nació la filosofía, se estudiará los puntos básicos de la filosofía y se investigará sobre las herramientas que la misma utiliza para aplicar los puntos básicos en una industria cualquiera.
2. Conocer qué se entiende por el término Lean Construction, para ello se estudiará si es coherente el paso del Lean Production al Lean Construction y se explicará como se extrapolan los puntos básicos de la filosofía a la construcción.
3. Conocer cuales son las aplicaciones directas del Lean Thinking en la construcción, en que temáticas serían aplicables y como ayudarían a la industria de la construcción a mejorar, para ello se buscarán ejemplos de aplicaciones que demuestren las ventajas o los inconvenientes de aplicar esta filosofía a la construcción.

CAPÍTULO 2

El Lean Thinking

En este capítulo, se explica de una forma resumida la teoría del Lean Thinking. Primero se hace una breve introducción histórica para que se pueda entender el porque nació la nueva teoría y por qué se extendió en todo el mundo de forma tan rápida.

Luego se explican los conceptos claves de dicha teoría para qué se pueda entender en que se basa y también para que el paso al Lean Construction sea comprensible.

2.1 Historia del Lean Thinking

Durante la mayor parte del siglo XX la industria automovilística estuvo dominada por las empresas americanas, (Ford, General Motors y Chrysler). Estas empresas crearon y desarrollaron lo que hoy se conoce como producción en masa que fue un sistema que les aportó un gran ahorro en los costes. La producción en masa es un sistema que funciona muy bien mientras la demanda es superior a la oferta (oferta se asocia a producción), o sea mientras cada coche que se fabrica tiene un cliente que está dispuesto a comprarlo [28]

Después de la segunda guerra mundial, Japón se encontraba inmerso en pleno proceso de crisis y recesión. Toyota Motor Company era una compañía que producía alrededor de 1000 coches al mes que no estaba segura que vendería. Al principio de los años 50 la producción de las empresas Japonesas era 9 veces inferior a la que podían tener las empresas europeas o americanas. Bajo esta situación, una reducción en los costes de producción y un aumento de la eficiencia eran indispensables si las empresas Japonesas querían ser competitivas con los gigantes Americanos. [28]

Las empresas japonesas no podían seguir el proceso de producción de los gigantes americanos, (producción en masa), porque la industria automovilística japonesa era pequeña y estaba fragmentada, la mano de obra escaseaba, el suministro de materias primas era casi inexistente y había poco capital disponible para inversiones. Para superar esas desventajas Toyota tenía que diseñar un nuevo sistema de producción que utilizará menos de todo, menos esfuerzo humano, menos espacio para producir, menos inversión en la herramientas de producción y sobre todo que necesitará menos tiempo para producir nuevos productos.

Con estas premisas, Taiichi Ohno ingeniero de la época visitó durante tres meses la fábrica de Ford en Detroit (figura1), donde constató que el sistema de producción en masa no podía ajustarse a las necesidades japonesas. Por eso empezó a implementar y a poner en práctica nuevas ideas, con la meta de obtener una mayor eficiencia sin aumentar el volumen (porque no eran capaces de venderlo), como resultado Taiichi Ohno creó lo que hoy se conoce como Sistema de Producción Toyota (TPS), y que empezó a ponerse en práctica a partir de 1962.

Muy poca gente estuvo interesada en este sistema de producción hasta la gran crisis del petróleo de principios de los 70, cuando el crecimiento económico se ralentizó y las empresas no eran capaces de progresar con el sistema de producción en masa. Mientras las empresas punteras veían como su negocio cesaba y sus ingresos disminuían, Toyota continuaba creciendo (moderadamente) y sus metas financieras seguían siendo las mismas[28].

Actualmente la teoría TPS se conoce como la teoría del Lean Thinking, término que apareció por primera vez en el libro, "La maquina que cambio el mundo" en 1990 [28], el cual remarcaba insistentemente que las empresas Lean Japonesas tenían una producción más elevada que las empresas Americanas o Europeas pero que sobretudo eran mucho más eficientes.



Figura 1. Taiichi Ono observando la cadena de producción de Ford en Detroit.Fuente [7]

2.2 Principios del Lean Thinking

El Lean Thinking es una filosofía de gestión empresarial basada en la especificación del valor. Para ello se especifica cuales son las actividades que agregan valor y las que no lo agregan. Se cogen las que si que lo agregan y aquellas que no lo agregan pero que son imprescindibles para obtener el producto final y se ordenan en una cadena de valor. Esta cadena de valor ha de fluir (el producto ha de pasar por todas las actividades de la cadena de valor y tener las especificaciones demandadas por el cliente) y así satisfacer la demanda de los clientes. [28]

Así pues, para empezar a implementar un proceso de producción Lean, es fundamental entender al cliente y saber que es lo éste quiere antes de empezar el proceso de producción. Uno de los objetivos primordiales del Lean Thinking es satisfacer las necesidades del cliente de la manera más rápida y eficiente posible, con una alta calidad para el cliente y un bajo coste para la empresa, intentando aumentar al mismo tiempo la confianza y la moral de

sus colaboradores e integrando en el proceso a todas las partes de la organización.

La estrategia del método Lean es eliminar o al menos minimizar al máximo los diferentes desperdicios, para poder producir el máximo valor para el cliente.

Se sabe que lo primordial es satisfacer las demandas del cliente e intentar evitar los sobrecostes ,pero la dificultad radica en conseguirlo. Para ello la filosofía Lean describe los 4 pasos que se deben llevar a cabo. Estos cuatro pasos interactúan entre ellos en un círculo virtual llamado perfección, (es virtual porque es imposible alcanzarla). [19]

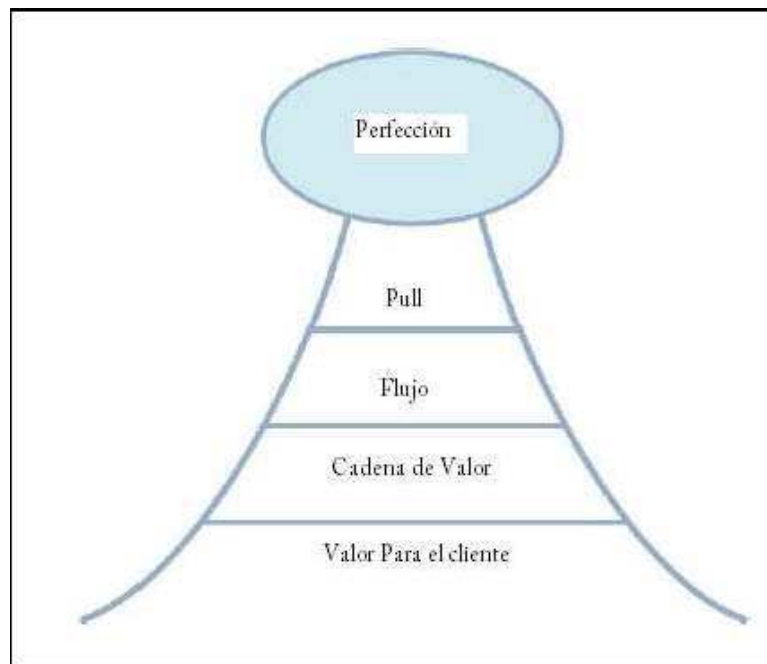


Figura 2. Los Principios del Lean Thinking. Fuente [19]

2.2.1 Especificación del valor

La especificación del valor es el punto de partida de la filosofía Lean y es a su vez el más crítico, por eso es la base de la figura 2. El valor de algo sólo puede ser determinado por el cliente, que lo ha de definir en términos de un producto específico que satisfará sus necesidades a un precio específico en una fecha específica.[31]

De todas formas, el encargado de crear valor es la persona encargada de fabricar el bien y no el cliente, por eso es importante para el fabricante saber qué tipo de valor quiere el cliente que se le fabrique. Para poder especificar el valor de un producto de forma correcta es importante entender quien será el cliente, porque si no se sabe a quién está destinado el producto será imposible hacer la especificación del valor.

Hay dos tipos de clientes: el cliente interno y el usuario final. El cliente interno es aquel que se encuentra en el siguiente paso en la escala de producción y el usuario final es aquel que

comprará o usará el producto final. Es importante la especificación de valor desde la perspectiva de los dos tipos de clientes existentes.

2.2.2 La cadena de valor

El siguiente paso del Lean Thinking es identificar la cadena de valor, que se puede definir como todas aquellas acciones que necesitan producirse para poder fabricar el producto final valioso que el cliente espera y que se venderá en el mercado.

Para poder crear la cadena de valor el se ha de ser consciente que cualquier producto tiene que pasar por tres actividades de gestión:

- a) Pasar del concepto al diseño detallado y a la planificación de la producción
- b) Planificación de cómo se va a modificar el producto desde la orden de compra hasta el momento de la entrega
- c) Transformación de la materia prima al producto final.

Cuando se determine la cadena de valor de un producto cualquiera, se podrá dividir el conjunto de actividades que se han de realizar en tres grupos diferentes. El primer grupo, es el de las actividades que añaden valor al producto final, el segundo grupo es el de las actividades que no añaden valor al producto final pero que no podemos excluir del proceso para obtener el producto final debido al proceso de producción escogido (por ejemplo inspeccionar que la calidad del producto sea la requerida por el cliente). El tercer grupo de actividades son las innecesarias, ya que no agregan valor al producto final y además se pueden excluir del proceso de producción sin que el producto final se vea alterado. Para poder convertir el proceso de producción en un proceso Lean, es importante minimizar las actividades necesarias pero que no agreguen valor y eliminar las actividades innecesarias. [31]

2.2.3 Flujo

Una vez se sepa qué es lo realmente valioso y lo que no lo es para el cliente y se haya definido aquellas actividades que generan valor y las que no, se puede pasar al siguiente nivel que consiste en conseguir que las actividades que añaden valor al producto final fluyan (o sea que el producto pase por las actividades de la cadena de valor y que no se produzcan stocks internos). Este nivel es posiblemente el más difícil y el más largo de la filosofía del Lean Thinking. Para conseguir que un proceso fluya uno se ha de fijar en el producto como tal y en las necesidades que éste tendrá y no tanto en la organización o en el equipamiento. Normalmente esto significa que las funciones de los empleados, los departamentos y todo en general necesitan ser redefinidas y alineadas. [18]

2.2.4 Pull

Mientras la producción en masa es un sistema push o de empuje que significa que el producto es empujado a lo largo de las diferentes actividades del proceso, el proceso de producción Lean tiene un sistema pull o de estiramiento dónde es el cliente final el que tira del producto a lo largo del proceso de producción. [28]

Dicho en otras palabras, el sistema push o de empuje se basa en la prognosis y en intentar hacer predicciones sobre las cuantías que se necesitarán de un bien y las fabrica. Mientras que el sistema pull o de estiramiento, espera a que sea el cliente el que nos demande el producto para empezar a fabricarlo. Esto significa que incluso los clientes internos no serán provistos del producto hasta que ellos lo demanden.

Se considera que los sistemas de producción pull son más eficientes que los sistemas de producción push en proyectos donde la variabilidad es un factor importante.

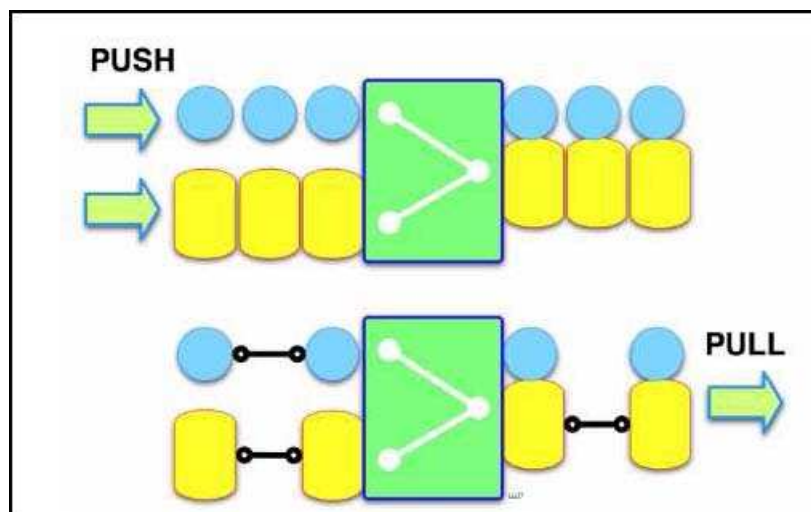


Figura 3. Principios del sistema Pull y Push. Fuente [17].

Parece complicado conseguir que el consumidor final no tenga que esperar mucho tiempo hasta que se le entregue el producto bajo el sistema Pull, para eso existe una herramienta Lean llamada Just In Time Production, que será estudiada más adelante en esta tesina y que se basa en entregar los productos en un tiempo determinado para reducir al máximo los stocks.

2.2.5 Perfección

Después de la implementación de los 4 niveles precedentes, queda el quinto nivel o el nivel de la perfección. Realmente como la perfección no existe, los 4 niveles anteriores no tienen ningún final, en vez de eso estos niveles tienen un bucle que lo que busca es mejorar de forma continua y ajustar las actividades para intentar que el proceso sea si se puede más Lean cada vez. Todo lo explicado anteriormente es lo que se considera como quinto nivel, para que la perfección sea viable (la perfección se entiende como bucle de mejora) es importante la transparencia, ya que si todo los actores inmersos en el proceso de producción pueden verlo todo es más fácil descubrir nuevos y mejores caminos para crear valores. [28]

2.3 Kaizen

En el apartado anterior se ha explicado que la perfección es el 5º nivel que una empresa tiene que alcanzar en el proceso de conversión a la filosofía Lean, y por lo tanto al ser el último nivel en el proceso de conversión es un instrumento muy importante del Lean Thinking. Una de las frases que más se escucha en las empresas Toyota es “Es la manera como nosotros trabajamos, la manera que tenemos nosotros de hacer nuestro trabajo ... que es un poquito mejor cada día”. La frase ejemplifica todo lo que la palabra Kaizen significa, Kaizen es un concepto Japonés que se puede definir como la mejora de la calidad de forma continua mediante pasitos muy pequeños.

Para conseguirlo, la teoría dice que se ha de mejorar la calidad en tres niveles diferentes: gestión, equipos e individuos. La gestión tiene que mejorar el sistema y los diferentes procesos que se tienen que cumplir para fabricar el producto final. Los equipos han de mejorar los procesos de producción y los valores de la organización y finalmente los individuos han de intentar mejorar su lugar de trabajo.

Por otro lado el Kaizen también se fija en la calidad de los empleados versus la producción. La calidad de los empleados se mide en términos de entusiasmo, habilidad e iniciativa. La medición de la calidad de los empleados es un factor muy importante si una empresa quiere mejorar, ya que un empleado entusiasmado, habilidoso y con iniciativa siempre producirá más que uno que no lo esté. [5]

Uno de los objetivos primordiales que busca el Kaizen es la participación de todos los empleados, desde el más importante de los directivos hasta el último de los empleados tienen que estar involucrados en el proceso de mejora continua.

Extrapolando, se pueden encontrar hasta 10 principios pertenecientes al Kaizen que se aplican en el Lean Thinking: [7]

- 1) Trabajar siempre con la máxima seguridad y bajo las leyes que regulen el empleo.
- 2) Considerar los problemas como tesoros pues son posibilidades para mejorar.
- 3) Ir a “Gemba”, ir a buscar la información de algo donde este algo pase.
- 4) Considerar todos los factores.
- 5) Saber responder siempre a: Cómo, Cuándo, Dónde, Qué, Por qué y Quién.
- 6) Planificar el trabajo de forma correcta
- 7) 3 x Mu: eliminar desperdicios (Muda), controlar lo que no podemos controlar (Mura) y gestionar los sobreesfuerzos (Muri).
- 8) 5 x S : Seiriti, Seiton, Seiso, Seiketsu ,Shitsuke : Mantener limpio y ordenado el puesto de trabajo
- 9) Disciplina: Hay que hacer lo que se ha prometido
- 10) Hacerlo: Trabajar según estas premisas dadas.

2.4 El sistema de las 5's

El principio de las 5's es uno de los principios más importantes del Lean Thinking y a su vez uno de los cuales se le da menos importancia. En general, una empresa insegura, sucia y desorganizada tenderá a producir productos de una calidad pobre. Por eso se ha de intentar que la empresa sea excepcionalmente segura, limpia y ordenada, ya que se producirán productos con una calidad mucho más alta y consecuentemente más deseables para los clientes.

Es difícil encontrar la relación entre la limpieza y el orden con la calidad, pero la filosofía Lean lo explica de una manera muy simple. Si la empresa es limpia y segura, existe un factor psicológico que hará que los operarios estén mucho más contentos y por lo tanto serán mucho más productivos a la hora de trabajar.

Por otro lado si las cosas están bien ordenadas y cada una en su sitio, el obrero no perderá el tiempo buscando una pieza que necesita, cosa que provocaría una disminución de la producción pues estaría fabricando lo mismo pero en más tiempo.

Para garantizar que una empresa esté limpia, ordenada y sea segura Toyota inventó el sistema de las "5s", que tal y como se verá más adelante es extrapolable a la construcción. El nombre del sistema viene dado por las iniciales de las siguientes palabras en japonés: [15]

- 1) SIERI (Clasificar): Eliminar todos aquellos artículos que sean innecesarios en el puesto de trabajo.
- 2) SEITON (Ordenar): Ordenar todos los artículos necesarios, marcarlos claramente y asegurarse que todo el mundo puede acceder a ellos fácilmente. ("Un sitio para cada cosa y cada cosa en su sitio"). Para los artículos clave identificar su localización con recuadros "Kanban".
- 3) SEISSE (Fregar): Fregar todas las máquinas y el entorno de trabajo para mantener una limpieza inmaculada.
- 4) SEIKETSE (Sistematizar): Hacer de la limpieza y el orden una práctica de rutina que forme parte del día a día.
- 5) SHITSUKE (Mantener): Cumplir con los pasos antes mencionado y proporcionar un sistema de mejor continua en el proceso.

El primer paso llamado "Sieri" es posiblemente el más complicado, ya que es muy difícil saber qué elementos son útiles y cuáles no, además muchas veces las personas cogen un cierto afecto sentimental hacia las cosas que les impide deshacerse de ellas aunque sean inútiles, tal y como indica el experto en Sieri Masaki Imai en la entrevista que hizo para el periódico La Vanguardia y que se encuentra en el anejo.

Para ello Toyota creó un esquema para hacer una clasificación de los objetos de forma eficaz. (figura 4)

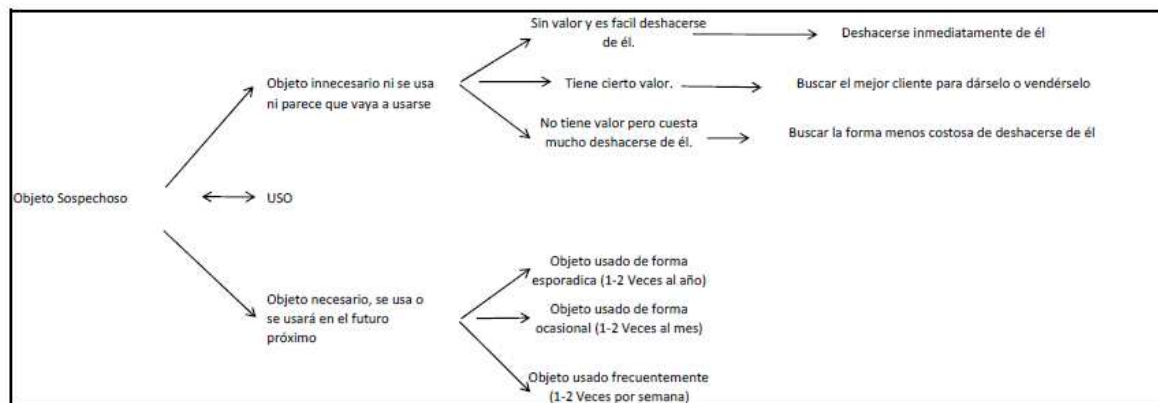


Figura 4. Esquema para clasificar los objetos en función de su uso.Fuente [17]

A modo de ejemplo, en las siguientes figuras vemos el proceso de transformación que sufre un taller de reparación antes de aplicar el sistema de las 5's y después de aplicarlo.



Figura 5. Cambios en un garaje después de aplicar el sistema de las 5'S.Fuente [17]

2.5 Despilfarros

El Kaizen se aplica para conseguir la perfección. Un proceso de producción perfecto puede ser definido como aquel que ha conseguido eliminar todos los desperdicios.

El Lean Thinking define tres tipos de desperdicios, muda o trabajo que no me añade valor al producto final, mura o irregularidades en el proceso de producción y por último muri o sobreesfuerzos en el proceso de producción.

Muda es el desperdicio más conocido, es un tipo de desperdicio que provoca que se necesite más tiempo para fabricar el producto, que se tengan más costes y encima no añade ningún tipo de valor al producto final.

Estos son los 7 tipos de muda que el Lean Thinking intenta eliminar: [7]

- 1) Producción por encima de la demanda: Aparición de Stock, es el embrión de todos los desperdicios, pues producir sin responder a una necesidad explícita del cliente consume recursos.
- 2) Transporte innecesario: Transportar productos que no son necesarios en ese momento para producir el producto final.
- 3) Esperas: Esperar al siguiente o al anterior paso en el proceso de producción.
- 4) Stock: Todo aquello que se ha producido pero que aún no se ha vendido.
- 5) Movimientos: Personas caminando o equipos moviéndose más de lo que es necesario para producir el producto.
- 6) Sobre-procesamiento debido a herramientas de baja calidad o a que el diseño de la actividad no ha sido eficiente: Tener que rehacer el trabajo ya hecho.
- 7) Defectos: El esfuerzo relacionado en investigar los defectos y tener que arreglarlos.

2.6 Técnicas y herramientas del Lean Thinking

En este párrafo se explicará de forma breve y concisa las que se consideran las 3 herramientas más importantes que utiliza el Lean Thinking.

- a) TQM (TOTAL QUALITY MANAGEMENT): El TQM o gestión total de la calidad es un sistema que tiene dos objetivos básicos. El primero es satisfacer al cliente y el segundo es hacerlo gracias a la mejora continua. Como objetivo secundario se podría decir que el TQM intenta conocer si los bienes o servicios que cada proveedor suministra a una empresa satisfacen poco, mucho o demasiado las necesidades de los clientes de esa empresa. [22]

- b) JIT (JUST IN TIME): El JIT o sistema justo a tiempo es una estrategia relacionada con el inventario y que busca mejorar los beneficios optimizando el volumen de stock y reduciendo los gastos generados de gestionar el inventario. El JIT incluye objetivos tales como reducir el inventario, reducir la complejidad de nuestro inventario, reducir los desperdicios, reducir las delegaciones de decisiones etcétera. [22]
- c) TPM (TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE) : El TPM o mantenimiento de la producción total es un sistema que se usa para optimizar la efectividad de la maquinaria y para prever posibles roturas en ésta. Se basa en el trabajo en equipo e involucra a cualquier nivel o función de una organización. El objetivo primordial del sistema es el de ser efectivo cuando usamos maquinaria, y eso requiere 4 técnicas diferentes, que son mantenimiento preventivo, mantenimiento corrector, prevención de mantenimiento y mantenimiento de rotura. [22]

La siguiente figura muestra de forma esquematizada en que se basa el sistema del TPM:

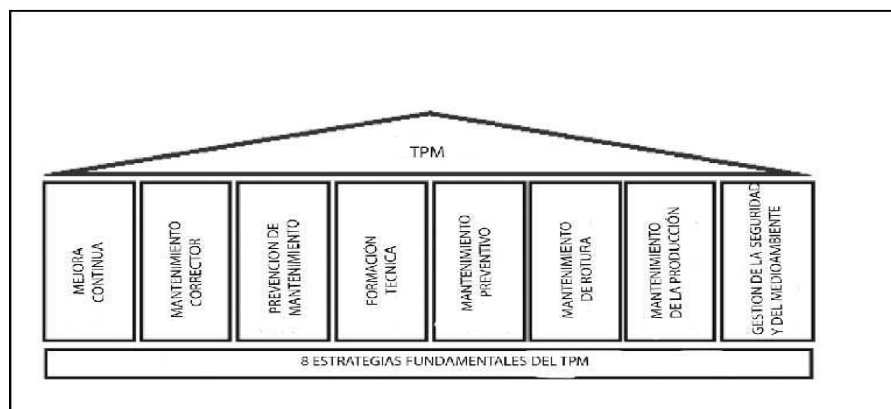


Figura 6. Resumen de los principios del TPM. Fuente [22]

2.7 La Pirámide de Liker

El profesor de la universidad de Michigan Jeff Liker resumió lo explicado hasta ahora en una pirámide. La pirámide está compuesta por los 14 principios de producción que conforman el Lean Thinking y que están a la vez subdivididos en 4 categorías diferentes. [23]

Estas subcategorías son Filosofía, Proceso, Gente y Socios y por ultimo Soluciones a los problemas. Esta pirámide es la que se muestra en la figura 4 y es la que posteriormente se utilizará para explicar el Lean Construction.

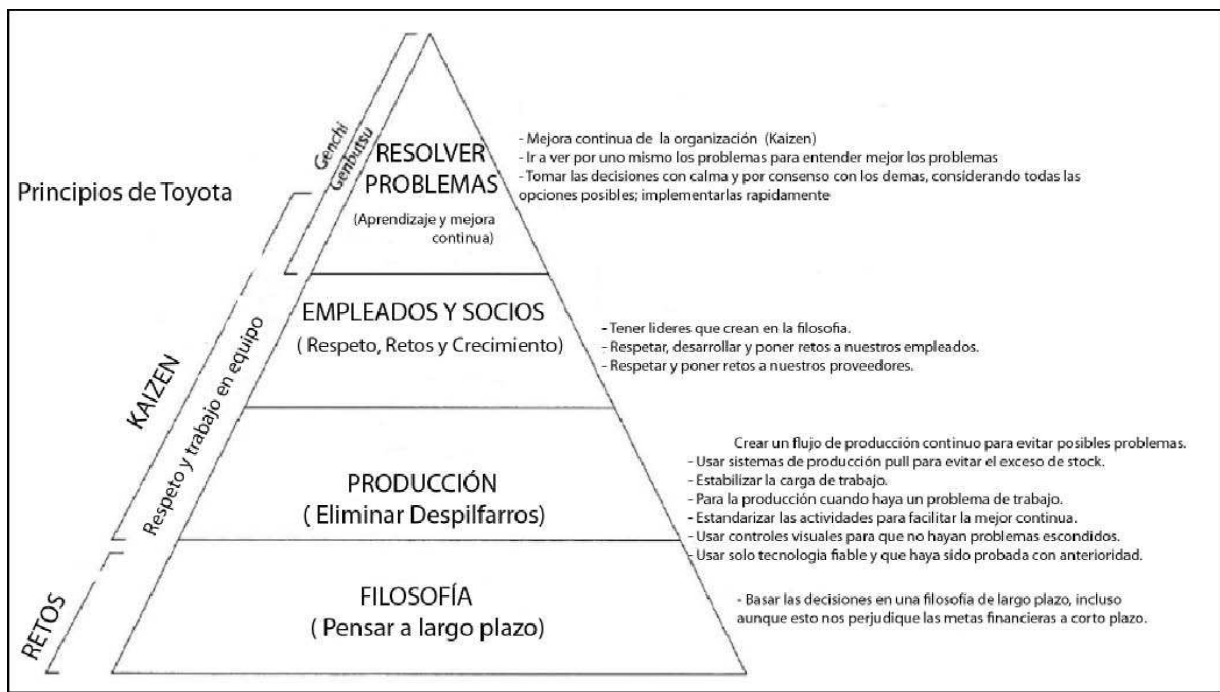


Figura 7. Pirámide de Licker, dónde se resume la filosofía Lean. Fuente [23]

CAPITULO 3

Lean Construction.

3.1 Introducción

En el capítulo anterior se ha estudiado la teoría del Lean Thinking, sus orígenes, la base de la filosofía y cuál es la meta que persigue. En este capítulo se intentará resolver la duda sobre si este pensamiento es aplicable a la construcción (como muchos autores afirman) o simplemente es una teoría, que como muchas otras antes, caerá en el olvido en el futuro en el sector constructivo.

El Lean Construction tiene como meta la adecuación del producto a las necesidades del cliente de forma completa, consumiendo el mínimo de los recursos disponibles.[4],[2]

Aunque la meta del Lean Construction sea la misma que la que se persigue en la actualidad en el mundo de la construcción, difiere en las formas, la base, los métodos y en muchos casos en los resultados ya que no es tan sencillo como asociar consumo de recursos a gastos y gastos a beneficios. [14]

Desde el sector constructivo se han rechazado muchas ideas provenientes de las industrias manufactureras por el sentimiento interno de creerse diferentes. Es evidente que la industria manufacturera, no ha de lidiar con el diseño y la construcción de proyectos complejos y únicos bajo circunstancias desconocidas y teniendo que respetar presupuestos y fechas, pero no todo son diferencias entre las dos industrias. Por ejemplo, hay un error común que se arrastra desde el planteamiento inicial y que atañe a las actividades que no generan valor. El error consiste en pensar que se ha de mantener un alto grado de producción en cada actividad del proceso de producción, porque se cree que la reducción de los costes y del tiempo empleado en cada paso, es la que implicará una mejora del sistema de producción. Es lo que en la filosofía Lean se conoce como “Activity-Centered Thinking”.

3.2 Diferencias principales entre la industria manufacturera y la construcción

Tal y como se ha visto en el primer capítulo, El Lean Thinking es una teoría que Taiichi Ohno inventó para aplicarla en Toyota. Con el paso del tiempo otros investigadores vieron que la aplicación de la teoría podría ser provechosa para sus empresas y nació la filosofía del Lean Thinking. Hasta hace unos años la teoría siempre se había utilizado en la industria manufacturera, pero desde principios de 1990 una serie de investigadores americanos lo intentan aplicar al mundo de la construcción.

El motivo de la inclusión de este apartado en la tesina es debido a que para poder cumplir uno de los objetivos que se persigue en este capítulo, que es entender el paso del Lean Thinking al Lean Construction, se ha de conocer conocer las principales diferencias entre las dos industrias.

Las diferencias entre las dos industria se pueden resumir de la siguiente forma: [15],[17],[19]

a) Lugar de producción:

La construcción es una industria que produce sus productos en un sitio muy determinado, que es la obra.

Por el contrario la industria manufacturera puede producir partes de su producto en diferentes localizaciones y luego juntar todas las partes en un lugar final de destino. Así pues, la industria manufacturera tiene más posibilidades de reducir los costes de fabricar un producto, ya que puede deslocalizar su producción en busca de mercados más económicos.

b) Los productos son únicos:

La industria manufacturera produce grandes volúmenes de los mismos productos, gracias a esto, pueden crear equipamiento específico y especializado en fabricar unidades Standard. La variabilidad en la industria manufacturera es fácil de controlar.

En el mundo de la construcción hay muchas variables que intervienen en el proceso de producción ,presupuesto del proyecto, fluctuación en los precios de los materiales, tipo de suelo, limitaciones de espacio para maquinaria... Estas variables influyen en las decisiones que a diario se toman implicando que el mismo producto final tenga diferentes procesos de producción.

Debido a lo escrito en el anterior párrafo, es muy complicado la utilización de objetos Standard en la construcción, y aunque en el mundo de la construcción, también existen elementos que son fabricados por equipos especializados en fábricas, ejemplos de estos elementos podrían ser ventanas prefabricadas, losas de hormigón pretensadas, vigas de metal, mallas de acero... estos productos son una clara minoría, ya que estos elementos son un porcentaje mínimo del total del producto final.

Concluyendo, cada proyecto es diferente, cada proceso de producción es diferente y consecuentemente también lo es el producto final que es único.

c) Complejidad:

Los procesos de producción en la construcción acostumbran a ser muy complejos debido a que hay muchas actividades que están interrelacionadas.

Por otro lado, la industria manufacturera puede administrar un gran número de submontajes a la vez gracias a que los proveedores de cada submontaje son elegidos en la fase del diseño del producto, gracias a que se conoce con mucha anterioridad los diferentes proveedores se puede crear instalaciones equipadas con la tecnología necesaria para asegurarse un flujo correcto del producto. Además, y gracias a las infinitas repeticiones del mismo proceso de producción, esta cadena de aprovisionamiento se vuelve manejable y óptima.

Por el contrario la industria de la construcción es un sistema dinámico, se recibe el diseño del producto con unas determinadas especificaciones, se empieza a construir el producto y mientras se va construyendo se van contratando los diferentes proveedores que harán los diferentes submontajes. Debido a que el proceso de producción solo puede ser efectuado en un sitio determinado, se hace más acentuada la interacción entre diferentes subcontratistas incluso llegando a producirse solapes entre ellos, impidiendo que uno de los dos pueda realizar su trabajo provocando retrasos en el plazo de entrega. Debido a las limitaciones de plazo que normalmente sufre la industria de la construcción, estos retrasos provocan un aumento del coste para la empresa constructora.

d) Incertidumbre:

La naturaleza del proceso de producción manufacturero permite reducir la incertidumbre aumentando el control del mismo en el mismo.

En la construcción existen varios factores que aportan incertidumbre al proceso de producción. Condiciones climáticas, condiciones del suelo, cambios de idea de la propiedad, incertidumbres debido a que las interacciones entre muchas actividades puede producir excepciones.... Estas excepciones pueden llegar a ser igual de críticas que las actividades planeadas. El precio del producto final vendrá definido por el conjunto de las excepciones y de las actividades planeadas.

e) Mano de obra:

En la industria manufacturera los empleados normalmente disponen de contratos más estables y las posiciones están bien definidas, lo que provoca que los empleados se conviertan en auténticos especialistas de su trabajo.

Por el contrario en la construcción los contratos son más inestables y un mismo peón sirve para un abanico muy amplio de actividades, esto implica que en la construcción la mayoría de actividades que se tienen que realizar se subcontratan a empresas externas, ya que muchas veces estas actividades requieren material y personal especializado que el contratista no dispone.

f) Calidad del producto:

El concepto de calidad en las dos industrias es diferente, en la industria manufacturera prima el proceso de control, donde las principales actividades son prevenir, observar y actuar. Se intenta evitar al máximo la tarea que comporta rehacer un producto, y muchas veces se prefiere tirar algo defectuoso en vez de intentar arreglarlo.

En la construcción, la calidad del producto está mucho más relacionada con la aceptación de éste por el cliente final. Las condiciones que ha de tener el producto final se encuentran en las especificaciones del proyecto. Las partes del producto final que son descubiertas como erróneas se han de arreglar ,ya que como solo existe un producto no se puede tirar a la basura como se hace en la industria manufacturera.

g) *Cadena de proveedores:*

El aprovisionamiento en la industria manufacturera es una cadena programada con el proceso de material para que el proceso de producción fluya sin necesidad de tener un stock amplio. El aprovisionamiento en la industria de la construcción está planificado, pero debido a la complejidad del proyecto, esta planificación varía un sinnúmero de veces por causas que son muy difíciles de prever con anterioridad.

Aunque se ha visto que las diferencias existen y son amplias, las dos industrias tienen el mismo objetivo a largo plazo. Éste es buscar actividades que agreguen valor al producto final y obtener los máximos beneficios de las inversiones realizadas.

Otra gran diferencia entre las dos industrias es el ciclo de vida del proceso de producción, en la industria manufacturera el ciclo de vida es suficientemente largo como para desarrollar nuevas técnicas y materiales que mejoren el proceso mediante investigaciones y entrenamientos. Por el contrario, el ciclo de vida del proceso de producción en la industria de la construcción es corto, ya que es la duración de un proyecto, tiempo demasiado corto para justificar investigaciones y entrenamientos para mejorarlo.

3.3 ¿Es coherente pensar en la construcción bajo la filosofía Lean?

El Lean Thinking fue una teoría creada por y para la industria del automóvil, las diferencias entre la industria del automóvil y la industria de la construcción se han estudiado en el anterior apartado, conociendo toda esta información,

¿Se puede encontrar algún vínculo entre las dos industrias que permita pensar que el Lean Construction es viable?

En la actualidad la industria de la construcción se enfrenta a muchos problemas tales como: defectos en el producto final, aumento de costes reales versus costes planificados, aumento del plazo de entrega del producto al cliente etc. Este tipo de problemas son los mismos a los que se enfrentaba Toyota cuando Ohno creó la teoría del Lean Thinking para Toyota, por eso no es descabellado pensar que la teoría del Lean Thinking puede servir (con pequeñas modificaciones) en la industria de la construcción. [4], [13]

Además, la teoría del Lean Thinking se basa en la mejora continua, y de esta forma aumentar el valor del producto final y reducir los desperdicios. Como resultado se obtiene un producto final de mayor calidad con un coste asociado menor, y esto evidentemente a cualquier industria le interesa.

El sistema de producción en la construcción se sigue planificando bajo la filosofía del camino crítico con fechas límite. El problema es que muchas actividades no se completan en las fechas límite, provocando muchos desperdicios en conceptos de espera, trabajo mal hecho, condicionantes en las actividades sucesoras etc. El Lean Thinking ayuda a la planificación eficiente, mediante la figura del último planificador, que se verá más adelante, ahorrando muchos costes innecesarios a la industria. [6]

La implementación del Lean Construction implicaría el uso del mapa de la cadena de valor aumentando la eficacia del proceso constructivo.

Para finalizar este apartado, se ha de dejar claro que la implementación de la filosofía Lean en una nueva industria provocará y necesitará cambios en todos los niveles, ya que no sólo se ha de cambiar la manera de trabajar, sino que también se ha de cambiar la forma de pensar.

3.4 El Lean Thinking en la construcción

Como se ha visto con anterioridad en el apartado 2.7, todo lo que tiene que ver con la filosofía del Lean Thinking se puede resumir en la pirámide de Liker, figura 7.

Esta figura es la que se utilizará para desarrollar los diferentes principios de la filosofía y ver si son aplicables a la construcción. [22]

El primer principio, que es la base de la figura y por tanto la que sustenta la filosofía, consiste en basar las decisiones empresariales suponiendo un periodo temporal largo, aunque ello implique renunciar a metas que se puedan tener a corto plazo.

Ninguna de las partes implicadas en la construcción, (clientes, constructoras, ingenierías, subcontratistas,...) cumplen con este principio, ya que lo que se busca es conseguir las metas que tienen marcadas a corto plazo, y esto es porque no son capaces de ver una relación a largo plazo, o sea que no son capaces de observar una relación una vez que el proyecto actual haya terminado.

El proceso de adjudicación actual es un claro ejemplo del no cumplimiento de este principio. En la actualidad los proyectos se adjudican a la constructora que presente una oferta económica más baja y que no sea temeraria. Así pues, la propiedad no aplica el primer principio de la filosofía del Lean Thinking, ya que está priorizando sus metas a corto plazo (Que esta obra resulte lo más económica posible), a sus metas a largo plazo (En este caso por ejemplo una meta a largo plazo podría ser que todas las obras resulten lo más económicas posibles pero que además sean de la mayor calidad posible). La solución no pasa por adjudicar todos los proyectos a la misma constructora, ya que no tendría sentido en el mercado actual, sino que pasa por cambiar el proceso de adjudicación. Puntuando otros aspectos como experiencia en obras similares, coste final para la propiedad en obras similares, seguridad y salud de los trabajadores en obras similares, tiempo en que se entregó la obra versus tiempo planificado para obras similares. En la actualidad, la puntuación de los aspectos no económicos se resume en la oferta técnica, el gran problema de esta oferta es la subjetividad de esta puntuación, ya que en muchos casos se utiliza para adjudicar los proyectos “a dedo”.

Es lógico relacionar la adjudicación con la experiencia previa de la constructora en obras similares, así como también es lógico relacionar las adjudicaciones de los proyectos con relaciones previas entre la propiedad adjudicataria y la constructora licitante, ya que cada propiedad es diferente y eso debería tenerse en cuenta en la oferta económica presentada, pero es imposible tenerlo en cuenta si no se dispone de una relación previa.

Las constructoras tampoco aplican el primer principio de la filosofía ya que se considera cada proyecto como un proyecto singular. El jefe de obra recibe un presupuesto del proyecto que ha de cumplir, y no tienen lugar para el error debido a lo ajustados que son estos presupuestos, y por supuesto no se contempla la posibilidad de enfrentarse a posibles problemas que pudieran surgir debido al uso de nuevos materiales y/o producir nuevas soluciones que ayuden a la empresa en futuros proyectos. Este tipo de situaciones son las que en mayor parte frenan el desarrollo de la industria de la construcción. Las constructoras intentan maximizar los beneficios de cada proyecto, beneficios que podrían ser superiores si se intentará maximizar los beneficios de todos los proyectos como uno.

El concepto de lo explicado en el anterior párrafo se verá escenificado en un escenario que se explicará a continuación y que es muy habitual en las constructoras. Normalmente las constructoras importantes tienen más de una obra a la vez. Las obras se acostumbran a dividir en tajos y normalmente cada tajo acostumbra a tener a su jefe de producción. En general las obras necesitan materiales similares para poder ejecutar el proyecto, si desde la sede central se organizaran estos pedidos, las constructoras tendrían más poder para rebajar los precios a los industriales de las unidades de obra necesarias para ejecutar el proyecto. Además, es habitual que los pedidos a los industriales de una misma obra se hagan a través de los distintos jefes de producción y muchas veces éstos están pidiendo lo mismo a diferentes industriales pagando más dinero de lo que se pagaría si el pedido estuviera centralizado por una persona que se encargará de ello.

Una posible solución al problema podría ser centralizar el sistema de compras en una intranet o programa informático donde los distintos jefes de producción pudieran saber lo que se está pidiendo en los distintos tajos y desde la delegación se pudiera coordinar los diferentes pedidos de las distintas obras. Para ello sería necesario una muy buena planificación de las obras, ya que se deberá saber con antelación lo que se tendrá que pedir en el futuro.

En la actualidad muchas de las grandes constructoras ya tienen programas informáticos que centralizan las compras, aunque sobre todo se utilizan para saber más o menos cual es el precio de un material y no para hacer un pedido conjunto.

Los otros 13 principios y las otras 3 Ps del Lean Thinking, se pueden adecuar al mundo de la construcción. La primera P “Problem solving” que en castellano se traduciría por solucionar los problemas, es una actividad que las constructoras y en general todas las partes que viven de la construcción están muy acostumbradas y que por lo tanto son bastante buenas en ello. Pero, de todas maneras, la industria de la construcción no soluciona los problemas de la misma forma que el Lean Thinking intenta solucionarlos.

Normalmente se intenta solucionar los problemas que surgen y que impiden avanzar al proceso de construcción, pero no se intenta buscar las causas de estos problemas ni se intenta aprender de ellos. Eso es debido a que la filosofía del aprendizaje y de la mejora continua (KAIZEN) no está arraigada en la industria de la construcción.

Para solucionar este problema se podría implementar rutinas que se deberían seguir cuando surja un problema y se quiera solucionar, de esta manera el trabajo “KAIZEN” se vería mejorado de manera fácil y rápida obteniendo toda una serie de ventajas, entre ellas que los mismos problemas solo aparezcan una vez.

La segunda P de la figura, “Dealing with People and Partners”, que en español se traduciría por tratar con la gente y los socios, indica que las empresas deberían tener unos líderes, que respetando la filosofía de la compañía se aseguraran de las buenas relaciones entre los demás (direcciones de obra, administraciones ...) y la empresa y de que los trabajadores estuvieran contentos con lo que hacen.

La tercera P, está dedicada al “Process Flow” que en castellano se traduciría como proceso de flujo. Cuando la producción fluye en la dirección correcta, surgen una serie de problemas que se tienen que resolver. Es en esta situación cuando los conceptos del Lean Thinking son más visibles y más provechosos. Por ejemplo, el sistema pull solo tiene producción cuando existe demanda, cuantifica el trabajo que se tiene que realizar, relaciona la producción que ha de tener cada trabajador con la cantidad de trabajo a realizar, cuando hay problemas la cadena se para y se solucionan, además se asegura que todos los trabajadores relacionados con la cadena de producción entienden lo que está mal y porque está mal y por último se asegura que este problema no volverá a pasar. Además se usa la estandarización de las diferentes actividades de trabajo que se han de hacer, así que es fácil para los diferentes trabajadores entender las diferentes actividades y cambiarse entre ellos, de esta manera la mejora continua de la producción se vuelve factible y fácil.

3.5 El valor del cliente en la construcción

La satisfacción del cliente es el punto central en cualquier tipo de producción por eso es importante entender las necesidades y que es lo que espera el cliente antes de empezar la producción. [31]

Solo hay una manera de que el constructor sepa cuáles son las características que el cliente quiere, y ésta es que el diseño del proyecto las refleje y que las especificaciones las explique. Siguiendo esta idea se puede afirmar que los documentos del diseño del proyecto asegurarán que el producto final funcionará como el cliente espera.

Aunque se haya dicho con anterioridad es importante recordar que hay que centrarse en producir el producto final para el cliente y no en construir intentando sacar el máximo provecho, ya que muchas veces intentar ganar lo máximo provocará el efecto contrario y provocará más costes.

Como ejemplo para el lector se explica en este punto lo que se puede considerar valioso para el usuario final de un puente. La construcción de un puente es posiblemente el proyecto más difícil que puede existir hoy en día en el mundo de la construcción. El alto grado de dificultad implica que el ingeniero haya de tomar muchas decisiones que afectaran en todos los niveles al puente. Algunas áreas que son importantes considerar podrían ser: seguridad para el usuario final, facilidad para mantenerlo, apariencia estética, durabilidad durante su ciclo de vida, impacto en la vida de los usuarios y en la gente que viva en los alrededores, impacto medioambiental durante la construcción y durante el ciclo de vida de éste...

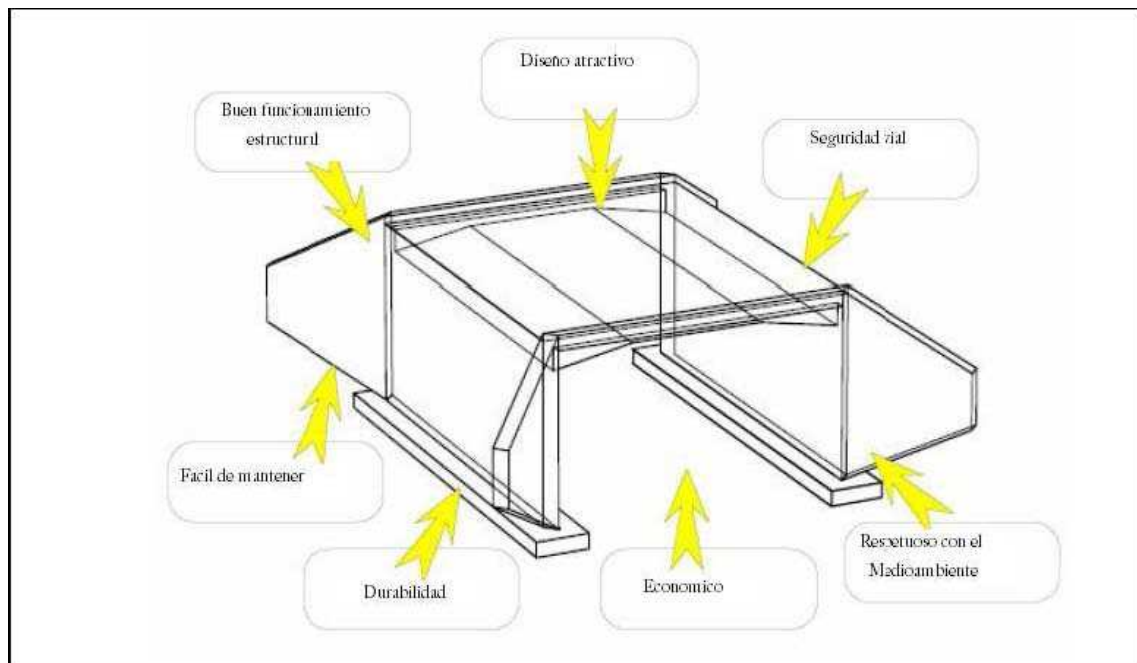


Figura 8. Ejemplo de valor para los usuarios de un puente.Fuente [22]

3.6 Desperdicios en la construcción

Los desperdicios son los protagonistas de la mayoría de las acciones que convierten una empresa cualquiera en una empresa Lean. Como se ha comentado en el capítulo 2 los desperdicios es todo aquello que esta presente en el proceso de producción y que no añade valor al producto final bajo el punto de vista del cliente (sea interno o externo).

Para poder cerciorarse de los diferentes desperdicios que existen en un proceso productivo se ha de investigar la cadena de valor del producto como ya se verá más adelante.

En el proceso constructivo, como en cualquier proceso de producción se pueden observar dos clases de desperdicios. Los desperdicios que se pueden eliminar sin afectar a la calidad final del producto y los desperdicios que no se pueden eliminar, ya sea debido a que o bien eliminarlos cuesta más dinero que mantenerlos tal y como están o bien porque son desperdicios que no aportan nada al producto final pero son imprescindibles para que éste tenga la calidad requerida por el cliente.

Ejemplos de los desperdicios antes mencionados podrían ser: [26]

1) *Desperdicios a eliminar*: En la construcción hay muchos pero se pueden clasificar en varios tipos.

a) Defectos en la construcción: Construir algo mal, ya sea porque no se ha construido según los planos o porque no vaya a ser útil.

b) Sobreproducción: Construir más o con mejor calidad de lo que las especificaciones indicaban o incluso construirlo antes de que estuviera planificado.

c) Inventario o Stock: Comprar más de lo que se va a necesitar para construir algo en ese momento, provocando que se necesite un sitio donde poder almacenarlo y tener que pagar a alguien para que lo vigile. Tener maquinaria o mano de obra parada. Tener herramientas que no se van a utilizar o que se han comprado con demasiada antelación.

d) Procedimientos innecesarios: Pecar en exceso de ser demasiado formales en formularios que no sirven para nada, obligar a que los documentos tengan muchas firmas para hacerlos válidos, hacer dobles o hasta triples comparaciones entre los industriales...

e) Movimiento innecesario de la mano de obra: Problemas ergonómicos derivados de la mala postura de los trabajadores, hacer ir a los grupos a sitios donde realmente no son necesarios...

f) Transporte de bienes: Mover material de forma innecesaria. Descargar material en un acopio cuando tendría que ir en el acopio que está en la otra punta de la obra...

h) Espera: Es posiblemente el desperdicio más visible y a la vez uno de los más difíciles de erradicar ya que en muchas ocasiones los tiempos de espera dependen de muchos factores y no todos son controlables. Como ejemplos podríamos encontrar, espera de grupos debido a falta de material, planes u ordenes, maquinaria esperando para poder fabricar ...

2) *Desperdicio no eliminable por cuestiones económicas*: Para explicar este desperdicio se usará un ejemplo. Un constructor sabe que está construyendo algo con una tecnología obsoleta o con una técnica antigua. Si se construyera con la nueva tecnología el coste sería inferior para el cliente y por lo tanto se puede considerar como desperdicio parte del proceso de construcción, aunque se sabe que es un desperdicio no se soluciona porque la nueva maquinaria o educar a los trabajadores es más caro que dejar de cobrar al cliente final el plus por estar haciéndolo mal.

3) *Desperdicios imprescindibles*: Como desperdicio imprescindible se podría considerar el dinero y a la vez el tiempo que se pierde en revisar la calidad del producto o revisando todos los temas de seguridad para los obreros y demás personal de la obra. Estas acciones no aportan ningún valor añadido al cliente pero son imprescindibles.

Como se puede observar, existen muchos desperdicios diferentes en el mundo de la construcción. Esta gran variedad de desperdicios es debido en parte a la alta complejidad del sector. Por eso y aunque ya se ha visto con anterioridad las diferencias entre la industria manufacturera y la industria de la construcción, se comparará ahora las mismas en cuanto a desperdicios se refiere.

En la figura 9 se puede observar cómo se reparte el tiempo en la industria de la construcción y como se reparte el mismo tiempo en la industria manufacturera. Las diferencias tal y como se pueden observar son preocupantes, en la industria de la construcción solo un 10% del tiempo es tiempo que añade valor al producto final, un 33% es tiempo que se puede asociar a desperdicios imprescindibles y un 57% de éste es tiempo desperdiciado. [21]

Para la industria “Lean Manufacturera” los resultados son mejores, ya que un 62% del tiempo total se dedica a añadir valor al producto final, un 12% del tiempo total es dedicado a los desperdicios imprescindibles y por ultimo un 26% es tiempo desperdiciado. Comparando las dos figuras, se concluye que la industria manufacturera tiene menos de la mitad de tiempo desperdiciado y emplea hasta 6 veces más el tiempo en añadir valor al producto final. [21]



Figura 9. División del tiempo en la industria manufacturera. Fuente: [21]

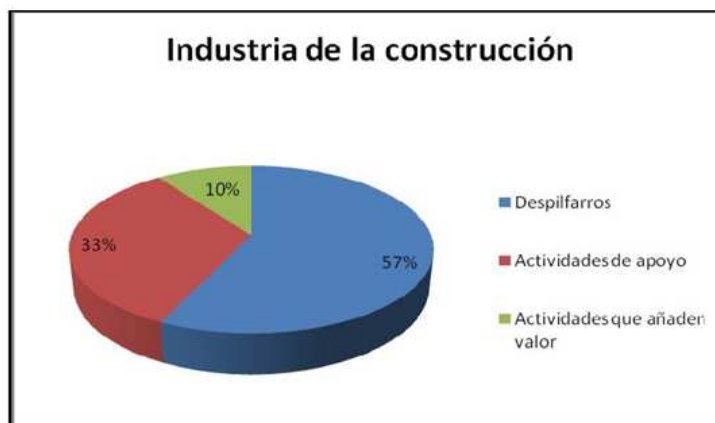


Figura 10. División del tiempo en la industria de la construcción. Fuente: [21]

La siguiente figura ilustra en que porcentajes gasta su tiempo la industria de la construcción. Observándola se concluye que la mayoría de tiempo se utiliza para hacer trabajo indirecto que es lo que se ha definido como desperdicio imprescindible.



Figura 11. División detallada del tiempo en la industria de la construcción. Fuente [21]

Para acabar con este apartado sobre desperdicios se va a utilizar un estudio que se encuentra en el anejo y que se ha publicado de forma reciente en los medios de comunicación.

El estudio afirma que España es el país de la Comunidad Europea donde más horas se trabajaba pero que a la vez es dónde menos se produce.

Esta conclusión debería llevar a reflexionar sobre como se trabaja en España , y sobre todo sobre la productividad en el mundo de la construcción , pues no se ha de olvidar que el sector de la construcción es uno de los sectores más importantes en la industria española y uno de los que más contribuyen al PIB español. Así pues si España tiene una productividad baja querrá decir que sus sectores producen poco y como la construcción es uno de ellos pues se puede deducir que la construcción en España produce menos en más horas si la comparamos con la del resto de países Europeos.

Un dato curioso del estudio es que los países nórdicos son los que más producen, y justamente los países nórdicos han sido los pioneros en introducir los sistemas Lean en la construcción Europea, así pues se puede intuir de cómo la filosofía Lean puede ayudar a la construcción en España.

3.7 El sistema de las 5s en la construcción

En el capítulo 2 se ha visto que el sistema de las 5's es uno de los 10 principios fundamentales del Kaizen, se ha explicado con detenimiento y se ha mostrado un ejemplo fotográfico de cómo éste mejoraba sustancialmente la seguridad, el orden y la limpieza de un taller.

El sistema de las 5's es aplicable a la construcción por muy difícil que esto parezca, y no solo es aplicable sino que también es una de las piezas fundamentales para lograr el Kaizen en la construcción. [15]

Evidentemente las 5's no significan lo mismo para una obra de ingeniería civil que para una fábrica de coches, pero aunque el significado no sea el mismo para las dos industrias, el carácter general del sistema en las dos es muy parecido.

Para la industria de la construcción las 5's significan:

- 1) Separar lo necesario de lo innecesario: Muchos de los componentes que estorban las actividades y movimientos han de ser separados y en muchos casos eliminados.
- 2) Los elementos o materiales necesarios deberán ordenarse metódicamente, para evitar accidentes, controlar la cantidad de material existente y poder ubicarlos de forma sencilla, por si se necesitará por ejemplo desplazarlos.
- 3) Limpiar el espacio físico donde se está construyendo, las herramientas y la maquinaria: Gracias a esto mejoraremos la seguridad, la duración y el mantenimiento de la maquinaria y de las herramientas.
- 4) Higiene y disciplina de los obreros: contribuyendo de esta forma a su propia seguridad y a evitar enfermedades. Usar los EPIS necesarios, tales como cascos, protectores visuales, botas de obra...
- 5) Conseguir que los pasos anteriores sean una cosa sistematizada para todos.

En la siguiente figura se ve una imagen que es muy común en los acopios de las obras, como podemos observar está todo desordenado y puesto de cualquier forma. Es evidente que el acopio de la figura necesita pasar por el sistema de las 5's y como éste muchos de los acopios de las muchas obras que en la actualidad existen en nuestro país.

Un paso primordial para poder eliminar los muchos desperdicios que existen en el mundo de la construcción es poder encontrar el material cuando este se necesita. Es común escuchar de un encargado decir que sabe que el material está en la obra pero que no lo encuentra o que no se acuerda en que acopió lo descargó, ese tiempo que se pierde buscando el material es un desperdicio que aunque a simple vista no lo parezca es muy importante debido a la frecuencia con la que pasa. Por eso y por muchas otras razones, como la seguridad de los empleados, es importante aplicar el sistema de las 5's en la construcción.



Figura 12 .Ejemplo de acopio de una obra, donde se debería aplicar el sistema de las 5'S.Fuente [15]

3.8 Productividad

A lo largo del documento se ha hecho referencia a la baja productividad de la industria de la construcción. Pero, ¿Qué es la productividad?, la productividad ha recibido muchas definiciones pero la más acertada es la de definirla como la relación entre un output y un input.

El output es la cantidad de recursos que se generan, ya sean productos, servicios o el dinero que se reciben de las ventas. El input es la cantidad de recursos que se necesitan para generar el output, trabajadores, maquinaria, material... [12]

El coste del recurso generado ésta directamente relacionado con el coste que se ha tenido que pagar por los recursos utilizados, por eso es importante hacer estudios sobre la productividad de los procesos constructivos ya que ésta es la única manera de reducir los costes del input y por lo tanto de reducir los costes para el usuario final.

Si los estudios de la productividad quieren ser eficientes han de abarcar muchos niveles, empezando desde la empresa como un conjunto y acabando en la productividad del último trabajador de ésta.

En la actualidad la construcción es una de las actividades más intensivas en mano de obra, ya que requiere un gran número de trabajadores para poder producir una unidad de producto. Esto es debido a que las actividades están poco estandarizadas y a que la introducción de maquinaria para mejorar la eficiencia del proceso productivo es muy complicada. [23]

Las siguientes figuras muestran la productividad del trabajo en el sector constructivo Español.

La productividad del factor trabajo (Tasas de variación interanual en porcentaje)							
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Construcción							
Valor Añadido Bruto real	8,6	6,3	4,4	5,1	5,6	5	3,8
Ocupados (PTETC)	9,5	4,8	5,3	5,7	7	5,4	5,7
Productividad	-0,8	1,4	-0,9	-0,6	-1,4	-0,4	-1,7
Total economía							
Valor Añadido Bruto real	3,7	2,5	2,7	3,1	3,3	3,9	3,9
Ocupados (PTETC)	3,2	2,3	2,4	2,7	3,2	3,2	3,0
Productividad	0,4	0,4	0,7	0,6	0,4	0,7	0,8

Figura 13. Estadísticas de la productividad como factor trabajo. Fuente [23]

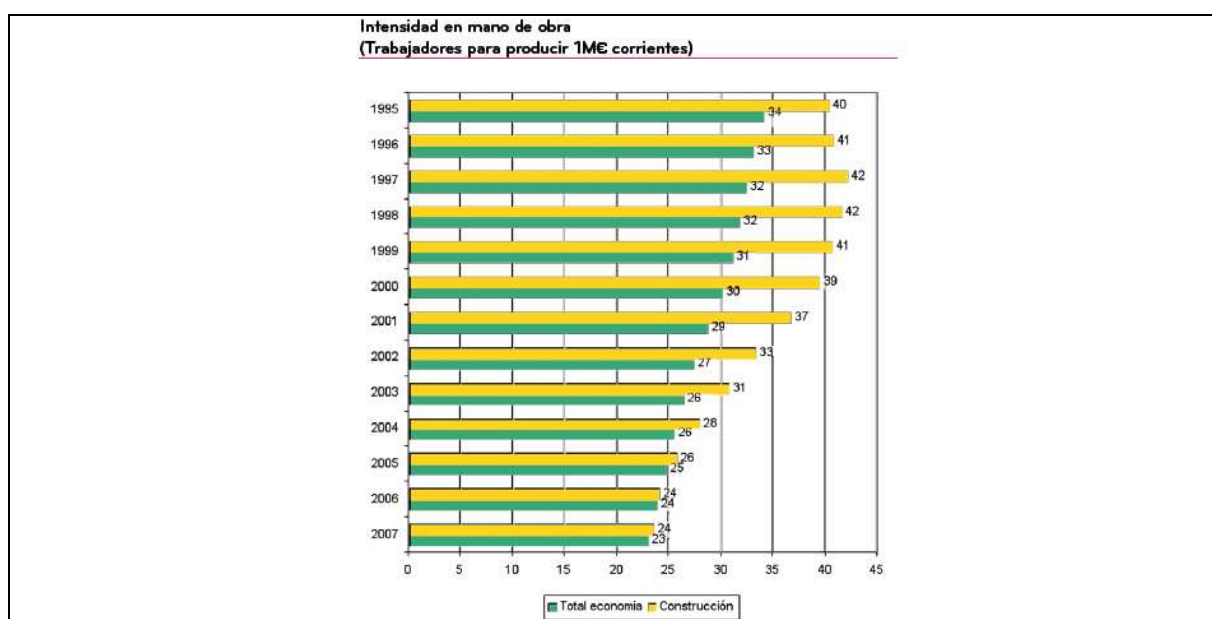


Figura 14. Estadísticas de la intensidad en mano de obra. Fuente [23]

3.9 Estandarizar el trabajo.

Uno de los pasos fundamentales para implementar el Lean Construction es la estandarización de las diferentes actividades. La estandarización de las actividades se utiliza para sistematizar los diferentes procesos de producción. Para que la sistematización de los diferentes procesos de construcción sea correcta, hemos de hacer un estudio que incluya cómo se comporta cada trabajador en las diferentes tareas y como se comporta cada trabajador cuando éste interactúa con la maquinaria.

La idea que se persigue es que gracias a la sistematización de las operaciones, éstas se hagan de la mejor forma posible y utilizando los recursos de la forma más efectiva.

La palabra estandarizar se ha de entender como convertir las actividades de forma que estas sean más fáciles para los trabajadores, que tengan menos confusiones y por lo tanto que como resultado se obtengan menos errores y menos desperdicios. Las tareas estandarizadas se explicaran a la mano de obra con una serie de documentos con fotos, que deberían esquematizar al trabajador la actividad de forma que éste sea capaz de realizarla en pocos días. Para poder entrenar a los operarios, previamente se habrá tenido que registrar los mejores pasos para obtener un resultado óptimo en los diferentes procesos y actividades

Para que esta idea sea efectiva la construcción debería cambiar su mentalidad, ya que actualmente la mayoría de la mano de obra que se utiliza en las obras es subcontratada, con lo que al empresario no le interesa formarla. Si parte de la mano de obra fuera fija en la empresa y se formará la estandarización del trabajo empezaría a tener sentido.

3.10 Ejemplos de trabajos Estandarizados.

En el apartado anterior se ha hablado de los trabajos estandarizados. Es difícil imaginarse la construcción como una cadena de producción de una industria y por lo tanto es difícil imaginar qué tipo de trabajos se pueden estandarizar en la construcción.

La obras de ingeniería civil tienen muchas tareas distintas, pero si hay alguna que se repite con más asiduidad esa es la de hormigonar las diferentes estructuras necesarias para ejecutar la obra.

Para poder hormigonar, previamente se tiene que armar la estructura y encofrarla para que el hormigón no se escape, una vez se ha vertido el hormigón, éste se ha de compactar para intentar que la mezcla sea lo más homogénea posible.

De las tres subactividades que forman el proceso de hormigonado la más engorrosa es la de colocar la armadura pasiva, es fácil ver a un encofrador o a un peón de avanzada edad en la obra, pero resulta casi imposible observar a un ferralla entrado en años haciendo su trabajo, esto es debido a que los ferrallas acostumbran a ser la mano de obra que más sufre ergonómicamente hablando en la obra.

Las posturas que los ferrallas han de adoptar para armar las estructuras son en muchos casos poco recomendables para la salud de éstos.

Actualmente existen técnicas que evitan que los ferrallas tengan que adoptar posturas extrañas en la mayoría de los casos, aunque como es evidente, cuando se ha de armar algo que sea muy específico la única manera de hacerlo es de la forma tradicional. [22]

La forma tradicional de armar una estructura, es hacerlo en el lugar donde tiene que ir la estructura y montarla pieza a pieza. El proceso tradicional se considera poco sano y estresante para los operarios que se dedican a estas tareas. Normalmente para armar una estructura bajo el método tradicional se necesita mucho tiempo con lo que la productividad es baja, y al ser una actividad predecesora de otras muchas nos provoca en muchos casos un retraso en la planificación general.



Figura 15. Ferralla armando al “Estilo Tradicional” Fuente [22]

En la actualidad existen diferentes técnicas más “sanas” para los operarios, entre ellas se pueden destacar dos: [22]

1) Usar refuerzos prefabricados: La utilización de armaduras prefabricadas consiste en crear mallas de barras o barras soldadas entre sí, la prefabricación de este tipo de material reduce de forma drástica las bajas por problemas ergonómicos de los ferrallas. Para que el proceso sea correcto, la producción de estas armaduras prefabricadas se ha de realizar bajo una serie de condiciones apropiadas.

En las figuras siguientes se puede observar el proceso de prefabricación de las barras que formarán las armaduras pasivas de la estructura.



Figura 16. Fabricación de los refuerzos prefabricados. Fuente [22]



Figura 17. Colocación de los refuerzos prefabricados. Fuente [22]

- 2) Alfombras de refuerzo: Las alfombras de refuerzo son un sistema muy parecido al número 1, también son prefabricadas y la principal diferencia es la forma de colocarla ya que mientras para el tipo 1 se necesita la ayuda de maquinaria para poder colocar la armadura, el tipo 2 puede ser el mismo operario el que coloque la armadura. Las alfombras de refuerzo están empezando a ser muy populares en los países del norte de Europa gracias a su fácil colocación y transporte. La alfombra consiste en una serie de barras soldadas que se unen y se enrollan en forma de alfombra.



Figura 18. Colocación de las llamadas “ Alfombras de refuerzo”. Fuente [22]

Estas nuevas técnicas no solo mejoran la seguridad y la salud de los operarios, sino que además ayudan a aumentar la productividad ya que la colocación de este tipo de armado es mucho más rápida que la colocación de la armadura de la forma tradicional, y además no se perderá tiempo haciendo los despieces de las armaduras ni se necesitará tanta mano de obra para montar las diferentes estructuras.

3.11 La salud del trabajador:

La salud de los trabajadores es un tema al cual se le ha prestado muy poca atención hasta hace unos años. El sector de la construcción es uno de los sectores que tienen un porcentaje más bajo de jubilaciones lo que significa que muy pocos obreros pueden trabajar hasta la jubilación debido entre otras cosas al castigo diario que el cuerpo recibe cuando uno trabaja en la construcción, además en muchos casos las prejubilaciones son debidas a problemas ergonómicos causados por trabajar bajo condiciones poco saludables.

Las constructoras deberían ser las más interesadas en conseguir que los operarios puedan trabajar hasta la fecha de su jubilación en la construcción ya que se asegurarían mano de obra cualificada para muchos años, que tal y como se ha comentado con anterioridad escasea. Así pues la industria de la construcción tiene la necesidad de buscar nuevos métodos de trabajo que ayuden a que los operarios no tengan los problemas físicos que tienen en la actualidad derivados del trabajo.

Según un estudio de la Universidad Tecnológica Danesa el 26% del tiempo que dedica un obrero a la ejecución de un proyecto lo dedica en el proceso de hormigonado, del cual un 10% consiste en verter el hormigón y compactarlo y un 16% consiste en el armado de la estructura. Suponiendo que la jornada laboral son unas 8 horas, esto supone que el obrero está en el proceso de hormigonado unas dos horas al día, de las cuales 1 hora y 10 minutos se dedican al armado y unos 50 minutos al vertido y compactado del hormigón. Esto quiere decir que durante una media de dos horas al día los obreros están realizando trabajos en posturas poco saludables y utilizando equipamiento como los compactadores que tampoco son muy recomendables para la salud de los operarios. [25]

Una solución que mejoraría la salud de los trabajadores es la estandarización de las diferentes actividades. Los procesos constructivos han de ir mejorando de forma continua y los operarios se han de ir adaptando a ellos. Esta mejora continua no siempre es posible ya que las constructoras generalmente tienen como único objetivo maximizar los ingresos a corto plazo y los costes a largo plazo. Desconsiderando la posibilidad de reducir costes a largo término por ejemplo mejorando la salud de la mano de obra.

3.11.1 El cubo de Sperling:

A lo largo del apartado se ha incidido en lo importante que es que los trabajadores de la construcción gocen de buena salud, pero ¿Cómo se sabe qué actividades se deben mejorar y cuáles no?, para ello se desarrolló lo que se conoce como el cubo de Sperling.

El cubo de Sperling que se muestra en la figura, se utiliza haciendo observaciones de los operarios mientras estos realizan sus tareas diarias y obteniendo el riesgo de sufrir futuras lesiones debido al trabajo. Las variables que se utilizan son la postura que se tiene cuando se realiza la actividad, la fuerza necesaria para realizar la actividad y finalmente el número de repeticiones de la actividad. Para cada actividad de forma separada y para cada variable, los niveles de demanda pueden ser definidos como baja, media, o alta y se le asigna 3 factores de peso 1, 2, 3 respectivamente. La combinación de las demandas se evalúa multiplicando los tres pesos de las tres variables diferentes, y su resultado determina la categoría de la tarea. El resultado del cubo o el nivel de demanda total se divide en tres niveles, debajo de 6 es de color verde o aceptable, entre 6 y 9 es condicionalmente aceptable (amarillo) y por encima de 9 es inaceptable (rojo) [25]

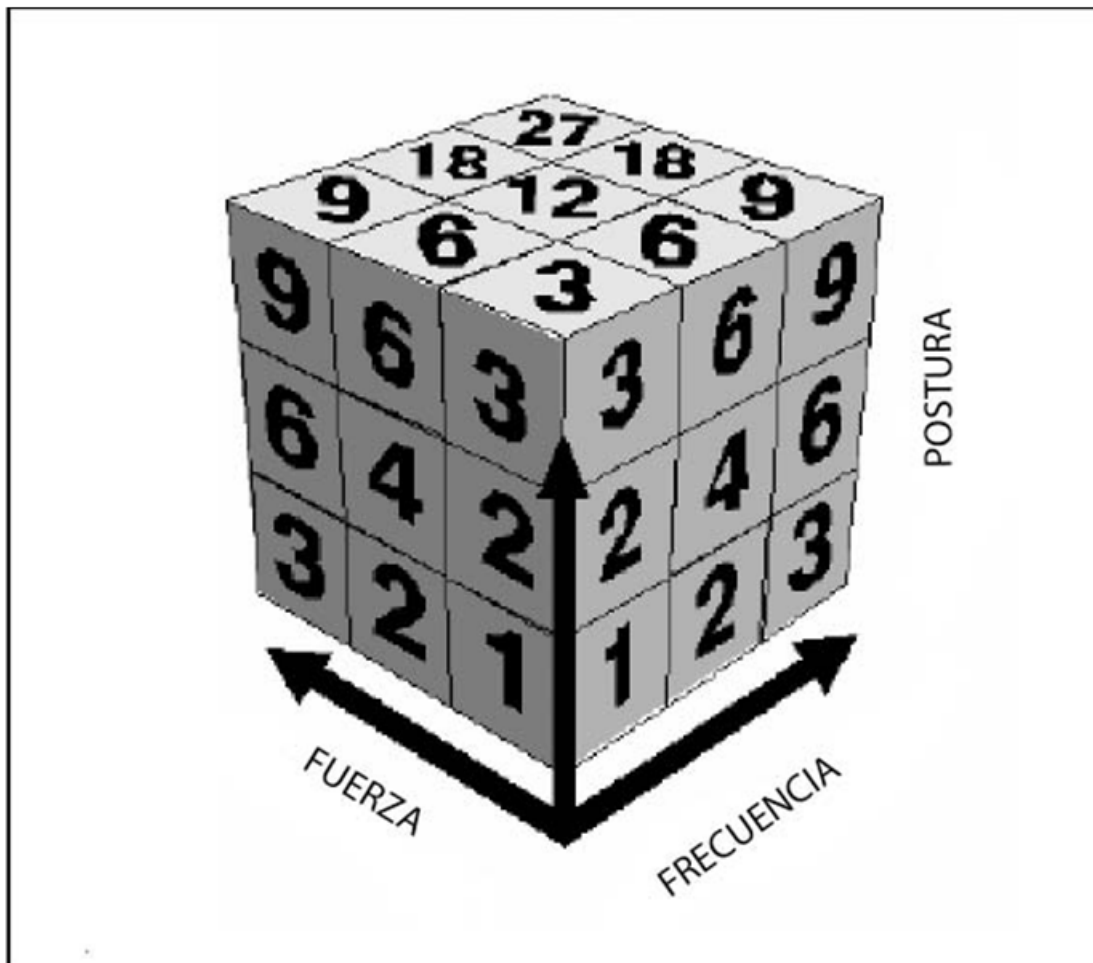


Figura 19. Cubo de Sperling para saber si las actividades son aceptables o no. Fuente [25]

3.12 Incentivos por rendimientos.

La filosofía del Lean Thinking gira en torno al trabajador, ya que muchas de las mejoras que esta filosofía intenta aplicar pasan por mejorar las condiciones laborales de éstos. Además se necesita que los trabajadores se impliquen de forma fehaciente en los cambios.

En la actualidad la mano de obra de la construcción es una mano de obra bien pagada, mal formada y sobretodo muy desinteresada en aprender, la mayoría de los trabajadores van a la obra para intentar pasar desapercibidos, hacer solo lo que se le mande y esperar a que pase la jornada laboral. [9]

Bajo las premisas que nos encontramos en el mundo de la construcción implicar a la mano de obra en la idea de una nueva filosofía parece cuanto menos difícil, por eso se ha creado la idea de los incentivos por rendimientos en los contratos de la mano de obra.

Los incentivos deberían conseguir que tanto técnicos como obreros se motiven tanto en el cuidado de los materiales, de la energía, cumplimiento de los plazos establecidos, cuidado de las herramientas y máquinas y lo más importante, deberían estar motivados para empezar a tener en cuenta el enfoque de la calidad en las obras.

Los incentivos podrían calcularse en base a cada obra o bien a resultados periódicos teniendo como referencia las ganancias o los niveles de productividad. La idea es que los incentivos reduzcan notablemente los costes, ya que un personal al cual no le interesa el desperdicio de material, y donde sobretodo hay un nivel de desperdicios muy alto que es aceptado por los directivos da lugar a costes innecesarios muy elevados.

Pero no sólo los incentivos lograrán una implicación mayor de los obreros, se necesita que los obreros se identifiquen con la empresa y eso solo es posible consiguiendo que la mayoría del personal sea permanente. Una empresa con personal permanente tiene una curva de aprendizaje mucho mejor que una empresa con personal rotativo. No se ha de olvidar que la rotación del personal impide aprovechar la experiencia acumulada por el mismo personal en determinados trabajos.

3.13 El proceso de construcción según la filosofía tradicional:

El modelo tradicional es conocido como “El proceso de conversión”, este proceso tal y cómo su nombre indica trata de transformar unos inputs o materias primas que vienen dados de la industria (materiales...), en un producto final o output que será el que entreguemos al consumidor. El proceso de conversión está dividido en una serie de subprocesos, la idea es intentar optimizar al máximo cada subproceso, pues se cree que de esta manera optimizaremos todo el proceso y reduciremos el coste de nuestro producto final o output que es lo que le entregamos al consumidor, tal y como se puede observar en la figura.

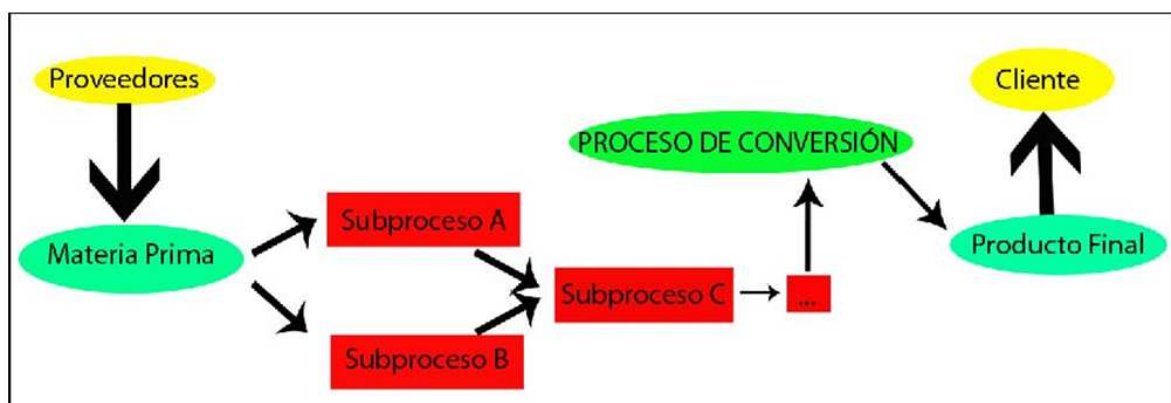


Figura 20. Proceso de producción tradicional. Fuente “Elaboración propia”

Las principales características de este proceso de conversión son las siguientes: [4]

- El proceso de producción acostumbra a estar dividido en subprocesos que también son procesos de producción. No se diferencia entre las actividades que generan valor (procesos reales de conversión) y las que no (esperas, controles, movimientos...), todos son procesos necesarios para obtener el producto final (todas las actividades agregan valor en este modelo).
- Según este modelo, el coste total del proceso puede reducirse minimizando los costes de cada subproceso, ignora los efectos producidos por la interdependencia entre subprocesos, no se considera la variabilidad de los resultados y los trabajos hechos, pues se asume que el trabajo pasa de forma lineal a través del proceso de producción, en otras palabras, según este modelo todo lo construido es perfecto y no será necesario volverlo a construir.
- El valor del producto que aporta cada subproceso está asociado solo al coste que tiene que pagar el constructor en ese subproceso.

Por otro lado, también es interesante conocer cuáles son las principales deficiencias o puntos flacos de este sistema de producción. [4]

- El control de producción y todos los esfuerzos de mejora están enfocados en cada subproceso y nunca se piensa en el proceso entero como un todo.
- En ningún momento se consideran los requisitos que quieren los clientes del producto, ya sean clientes internos o clientes externos, lo que puede resultar en la producción de un producto muy eficiente pero inadecuado.

El concepto de eficiente pero inadecuado, tiene sus causas en que casi siempre (por no decir siempre), se construye basándose en el coste de los productos, se antepone el concepto de coste al concepto de calidad y esto implica:

- 1) Se está entregando al cliente un producto con una calidad inferior a la calidad que el cliente compró en su día. Sirva como ejemplo de esta situación lo siguiente: En la construcción es muy habitual entregar una obra con deficiencias escuchar el “bueno no pasa nada en los siguientes meses ya te lo arreglaré”, “el tranquilo si la instalación se puede utilizar igual solo que....” Si alguien se comprará un coche y en vez de recibir uno con un volante circular, recibe uno con un volante triangular, o un coche que en vez de dos puertas solo tuviera una.... Es evidente que el cliente podría seguir utilizando el vehículo pero como es lógico éste no estará contento con el servicio prestado y se lo pensará dos veces antes de comprar un coche a la misma empresa. En la construcción (sobre todo en la edificación), esta práctica es habitual y se ha de intentar mejorar, lo mismo que a nadie le gustaría que le entregasen un coche con solo dos asientos, a un comprador no le gustará que se le entregue un piso en el que solo funcionan la mitad de los aseos.
- 2) Se ha explicado que el proceso de producción de la construcción bajo la filosofía tradicional no es más que un conjunto de subprocesos. Imaginemos el siguiente caso: Se tiene unos subcontratistas contratados para el subproceso A, (SUB A) y se tienen unos subcontratistas contratados para el subproceso B, (SUB B). El

subproceso B depende totalmente del A, o sea que hasta que el A no esté acabado el B no puede comenzar. Si SUB A no considera a SUB B como un cliente, (en este caso interno), y considera que lo que se ha de hacer es reducir el coste de su actividad al máximo sin importar la calidad, SUB B se encontrará con unos problemas que en muchos casos le obligará a retrasar el inicio de su actividad hasta que estos estén resueltos, y en otros a alargar su actividad mucho más de lo planificado, resultando en un alargamiento en la duración del proyecto y en muchos casos en su coste. Por otro lado si SUB A hubiera intentado hacer su actividad con una calidad aceptable, SUB B no hubiera tenido problemas para hacer su actividad según lo planificado. Si el proyecto se retrasa solo con dos subprocesos y dos subcontratistas, imaginemos lo que pasa si no se consideran como clientes internos a los que han de hacer el siguiente subproceso en una obra de grandes dimensiones donde hay un montón de subprocesos y de subcontratistas. Concluyendo más vale hacer las cosas bien una vez que mal dos veces o es más barato lo bueno y caro que lo barato y malo.

3.14 El proceso de construcción según la filosofía Lean:

Según el Lean Construction, el proceso de producción debe verse como un conjunto de procesos compuestos por una serie de flujos, de esta manera se podrá saber con mayor certeza el valor y las pérdidas asociadas a cada eslabón de la cadena de flujo.

En teoría el proceso de construcción tradicional es un proceso bien estructurado para procesos de producción simples. Pero, para procesos de producción complejos, que envuelven una infinidad de actividades que necesitan ser coordinadas, planificadas y controladas el sistema “Lean” es mucho más adecuado. Así pues en proyectos complejos, donde el cliente tenga una alta exigencia y los mercados sean altamente competitivos el sistema de producción “Lean” aportará a la empresa unos beneficios que el sistema tradicional nunca podrá obtener.

Según Ballard el proceso de producción bajo un sistema Lean se divide en tres pasos, [3]

- 1) Primero se convierte el input en output.
- 2) Segundo el material y la información fluye a través del tiempo y del espacio.
- 3) Tercero el valor para el cliente es creado.

Para que el proceso de construcción sea Lean, no sólo se han de dar los tres pasos sino que los tres pasos se han de dar y de gestionar a la vez.

No es necesario describir las características de un proceso de construcción bajo el sistema Lean Construction ya que éstas son totalmente iguales que un proceso de producción cualquiera bajo la filosofía del Lean Thinking, o sea que la máxima finalidad es construir algo que el cliente considere valioso y eliminar los desperdicios en el proceso de construcción de ése algo valioso.

El proceso de construcción bajo la filosofía Lean busca que el flujo sea el sistema primordial de construcción, para que el flujo sea constante se han de ir realizando actividades de forma continua.

Estas actividades tienen una serie de restricciones que son las que indica la figura.

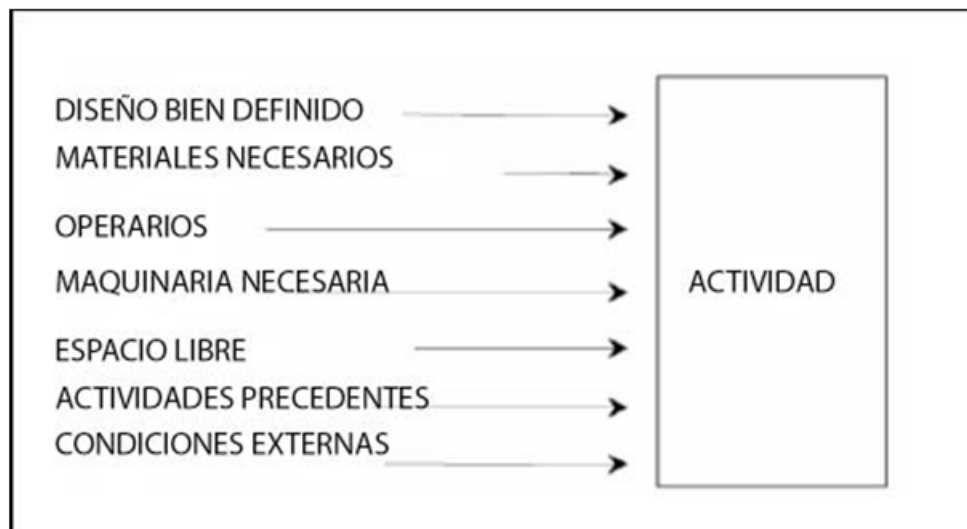


Figura 21. Restricciones que normalmente tienen las actividades. Fuente [15]

3.15 Principales diferencias entre los dos procesos:

Este apartado es muy importante, ya que en él se describen las principales diferencias entre el proceso de producción tradicional y el proceso de producción bajo la filosofía Lean. Observar las diferencias entre los dos procesos es la manera más sencilla para entender el proceso de producción bajo la filosofía Lean. [16]

a) *Concepto de producción:*

Para el proceso de transformación o tradicional el concepto del proceso de producción es muy sencillo y es convertir un input en un output, o sea transformar los materiales que se reciben de los proveedores en un producto final que el consumidor quiera comprar.

Para el proceso Lean el concepto del proceso de producción se compone por el proceso del flujo del material que está compuesto por la transformación, la inspección y la espera, dando especial importancia a la creación del valor para el consumidor final respetando una serie de requerimientos previos.

b) *Principio básico:*

Para el sistema de producción tradicional el principio básico es producir de manera eficiente.

Para el proceso Lean el concepto básico es eliminar los desperdicios, o sea aquellas actividades que no generan valor al producto final.

c) *Prácticas y métodos:*

El sistema de producción tradicional divide el proceso en muchos subprocesos, y tiene una tabla de organización de responsabilidad.

El sistema de producción Lean busca que el proceso sea gracias a un flujo continuo, que se siga el sistema de demanda pull y que se busque la mejora continua.

d) *Que se hace en la práctica:*

El sistema tradicional lo que hace en la práctica es procurar que lo que se ha de hacer se haga bien.

El sistema Lean lo que hace en la práctica es procurar que los requerimientos del cliente se cumplan de la mejor forma posible e intenta que las actividades que no son necesarias para producir el producto final se hagan lo menos posible.

CAPITULO 4

Aplicaciones, Herramientas y Ejemplos

4.1 Introducción.

Este es el capítulo más importante de esta tesina. La filosofía Lean es una serie de conceptos y nunca una receta de pasos a seguir, o sea que existen un sinnúmero de aplicaciones para la construcción, que se deben sino en todo al menos en una parte a esta teoría. Por eso, si se quiere convertir una empresa constructora en una empresa Lean, no solo existirá un camino posible para realizarlo sino que será la propia empresa la que decida el camino a seguir.

Las aplicaciones que se explican a continuación aun y siendo las más utilizadas no son las únicas ni tienen porque ser las validas para cualquier empresa, ya que en muchos casos dependerá de las herramientas que la empresa tenga disponibles.

Concluyendo estas aplicaciones no son ni las únicas ni tienen porque ser las mejores, cualquier aplicación que busque los objetivos del Lean puede ser la buena para la empresa en cuestión aunque nadie la haya utilizado con anterioridad.

4.2 The last Planner (El ultimo planificador)

Se empieza el apartado con una pequeña introducción para tener una idea de cómo funciona este sistema y para dar a conocer la nomenclatura empleada.

4.2.1 Introducción:

Basándose en la teoría del Lean production, los profesores Ballard y Howell pertenecientes al Lean Construction Institute, desarrollaron un sistema de planificación y control de proyectos llamado "Last Planner".

La planificación de un proyecto se hace en la fase inicial por personas que seguramente luego no tendrán nada que ver con la ejecución de la obra, se hace bajo un nivel de incertidumbre altísimo, no se sabe los problemas que surgirán al ejecutar la obra, problemas con el tipo de suelo, problemas de suministros, problemas con el diseño... Por eso es muy difícil que en la obra se siga a rajatabla lo planificado en la fase inicial.[3]

Todo esto obliga a la existencia de una figura en obra que desglose la planificación inicial en una planificación real a corto plazo, esta figura recibe el nombre de último planificador y tendrá como metas planificar la planificación intermedia y la planificación semanal.

En la figura se puede observar la teoría de este sistema de planificación, lo que se hará siempre es subconjunto de lo que se puede hacer que a su vez siempre estará dentro de lo que se debería hacer.



Figura 22. Esquema se hará versus Puede versus Ha de ser hecho. Fuente [1]

Si por el contrario se considera, lo que puede ser hecho como subconjunto de lo que se hará, se retrasa la producción, porque se afirma que hay alguna actividad que haremos pero que ahora mismo no puede ser hecha, puede ser que esa actividad que esté en el subconjunto del se hará pero no puede ser hecha sea la actividad que tenga que empezar con mayor brevedad, y como no se puede hacer se esta retrasando la producción. [1]

Hay gente que considera que se debe presionar a las unidades de producción para que realicen las tareas programadas sin importar los obstáculos que estas tengan, generando un derroche de recursos intentando ejecutar una actividad que no puede ser finalizada, o al menos, ejecutándola de una forma que no le corresponde.

4.2.2 Elementos del sistema:

Planificación general o inicial:

Todos los proyectos de construcción, tienen una planificación inicial que se hace en la fase previa a la construcción y se desarrolla según los objetivos generales que hayan sido planteados al inicio del proyecto, es en esta fase del proyecto donde se introducen las fechas para cumplir los objetivos.

Planificación intermedia:

La planificación intermedia ha sido desarrollada para poner fechas a las actividades que se producirán en un futuro próximo, (algunas semanas). Sabiendo las actividades que tendremos que ejecutar en un futuro próximo, podremos tomar acciones en el presente que eliminen las restricciones de las actividades venideras, tales como problemas con: el diseño, los proveedores, la mano de obra, la información, el diseño...

Las funciones primordiales de la planificación intermedia son:

- 1) *Equilibrar la carga de trabajo con la capacidad:* La carga es la cantidad de trabajo esperado para una unidad de producción en un cierto tiempo, mientras que la capacidad se refiere a la cantidad de trabajo que una cierta unidad de producción puede lograr en un cierto tiempo. Así pues lo ideal es que a cada unidad de producción se le asigne una carga igual que su capacidad para un determinado tiempo, o sea que la unidad de producción tenga asignada un volumen de trabajo que sea igual a su máximo rendimiento ni más ni menos. El problema de realizar este equilibrio en la planificación intermedia es que el planificador sabe qué tipo de unidad necesitará para poder realizar el trabajo, pero no sabe que unidad específica lo hará por eso es necesario que el ejecutor o último planificador también lo evalúe.
- 2) *Revisar la secuencia de las actividades:* Aunque la planificación inicial ya tiene en cuenta este objetivo, es importante también verificarlo en esta fase. Mirar que todas las actividades estén bien ordenadas, que no tengamos dos grupos diferentes trabajando en la misma zona (ya que podrían estorbarse), que todos los grupos de trabajadores tengan los materiales que necesita etc. Esta función es primordial para el buen funcionamiento de la obra.
- 3) *Desarrollar detalladamente los métodos de ejecución:* Cuanto más se detalle la forma en la que se ejecutara las actividades programadas, más fácil será ver los posibles errores que hayan o los posibles inconvenientes que puedan surgir en el terreno en el futuro.
- 4) *Mantener un listado de actividades listas para ejecutar:* El resultado de la revisión de todas las actividades, da como resultado un conjunto de asignaciones (actividades que no tienen restricciones), estas asignaciones las incluimos dentro del inventario de trabajo ejecutable (ITE). La idea es que este inventario sea lo suficientemente amplio para que si una actividad no pueda ser ejecutada, sea cual sea el motivo, la unidad de producción pueda realizar otra actividad y no se quede parada. Lo que se busca es que siempre haya actividades listas para ser ejecutadas aunque no estén en la programación semanal, es decir actividades que tengan la holgura suficiente para poder distribuir las en el tiempo, estabilizando así el flujo de trabajo.

Para realizar una buena planificación semanal se han de seguir una serie de pasos: [1]

- 1-Primero de todo se ha de determinar el periodo de tiempo que abarcará la planificación intermedia, lo normal es abarcar de 4 a 12 semanas, aunque lo ideal es

abarcas tantas semanas como tiempo de respuesta tienen los proveedores, así pues el tiempo abarcado depende de cada proyecto.

2-Una vez que se sepa el número de semanas que se quiere abarcar en la planificación intermedia, se ha de desglosar la planificación inicial y se ha de determinar qué actividades se harán durante ese tiempo.

3-Una vez se sepan las actividades que se quieren realizar, se ha de saber cuáles son los factores que impiden que se pueda realizar la actividad (restricciones) para poder eliminarlos, que en la construcción acostumbran a estar dentro de alguno de estos:

a)Diseño: Son todos aquellos impedimentos que se tienen debido a problemas con el diseño del proyecto (incongruencias en las especificaciones técnicas, problemas con los planos, información no incluida...)

b)Materiales: Impedimentos relacionados con que los materiales necesarios para ejecutar la actividad no estén disponibles en la obra en el momento que se quiera iniciar la actividad, es importante destacar que lo ideal sería que los materiales llegasen justo cuando la obra los necesite, ya que si llegan antes se perderá tiempo descargando el camión y se perderá espacio, ya que se ha de guardar el material en algún sitio. Si por el contrario los materiales llegan tarde, se tendrá a una unidad de producción parada esperando que le lleguen los materiales.

c)Mano de Obra: Es cuando una actividad necesita un determinado número de operarios que no está disponible en ese momento.

d)Equipos y herramientas: Muy relacionado con la mano de obra, pero en este caso cuando los equipos necesarios o las herramientas necesarias no están disponibles cuando se quiere ejecutar una actividad.

e)Prerrequisitos: Se refiere a aquellas actividades que se necesitan haber acabado antes de poder comenzar con la actividad que se quiere ejecutar.

f)Calidad: Cuando se necesita que una actividad tenga una calidad determinada pero por ciertos factores no se puede ejecutar la actividad con esa calidad

Examinar las diferentes restricciones se conoce con el nombre de revisión, y consiste básicamente en determinar el estado de cada actividad con sus restricciones, según la teoría solo se deben introducir en la planificación intermedia aquellas actividades que tengan un alto porcentaje de poder llevarse a cabo.

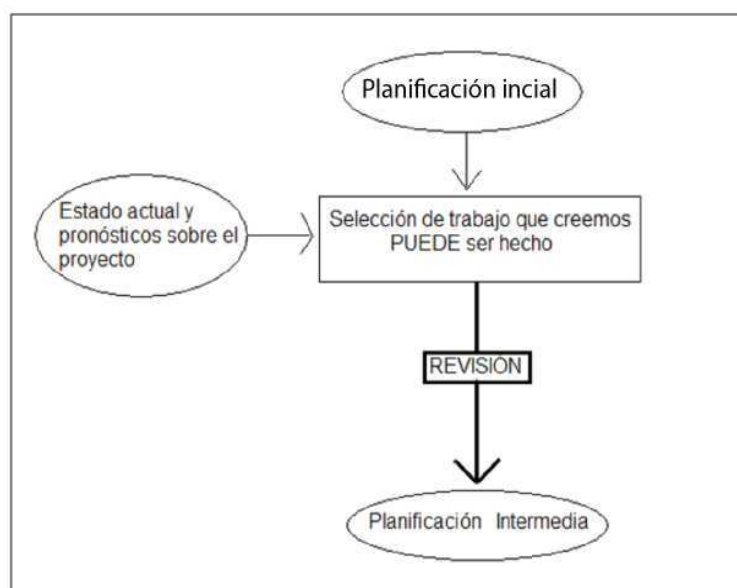


Figura 23. Esquema que muestra donde se aplica el concepto de revisión. Fuente [1]

La teoría del último planificador está estrechamente ligada con el concepto “pull” ya que solo se permite que entren en el sistema aquellas actividades que se pueden ejecutar o lo que es lo aquellas actividades que son estiradas por el sistema. Si no se realizará esta revisión, se dejaría que todas las actividades entrarán en el sistema o lo que es lo mismo se estaría empujando las actividades al sistema, estaríamos provocando un sistema de producción “push”. [1]

Normalmente, a cada actividad se le asigna una persona encargada de la ejecución de la actividad y a otra encargada del seguimiento (Pueden ser la misma persona), ambos han de eliminar las restricciones de una actividad para que ésta pueda ser ejecutada según lo programado. En la figura de abajo vemos el formato que tiene una plantilla de planificación intermedia. Es recomendable poner las fechas de inicio y de fin según están planificadas, cada restricción tiene un visto si se ha liberado o una cruz si no se ha liberado.

SEMANA	ACTIVIDADES	FECHAS		RESTRICCIONES						RESPONSABLE	
		INICIO	TERMINO	CANCHAL	MOLINO	MATERIALES	DISEÑO	LISTA DE CHEQUEO	EDIFICIO Y HERRAMIENTAS	EJECUCION	SEGUIMIENTO
1 (04 al 03 de junio)	Hormigón muros y pilares piso 1 sector B	30/05/07	05/06/07	✓	✓	✓	✓	✓	✓	HC	HC
	Moldaje vigas y losa piso 1 sector B	05/06/07	08/06/07	✓	✓	✓	✓	✓	✓	HC	FG
	Fierro vigas y losa piso 1 sector B	05/06/07	08/06/07	x	✓	✓	✓	✓	✓	HC	FG
	Hormigón vigas y losa piso 1 sector B	08/06/07	11/06/07	x	✓	✓	✓	✓	✓	HC	FG
	Trazados y niveles generales edificio C-D	04/06/07	08/06/07	✓	✓	✓	✓	✓	✓	RA	HC
	Excavaciones fundaciones edificio C	04/06/07	15/06/07	✓	x	✓	✓	✓	✓	HC	FG
	Fierro muros y pilares piso 2 sector A	08/06/07	11/06/07	x	✓	✓	✓	✓	✓	RA	HC
	Instalaciones provisionales: Alcantarillado	09/06/07	13/06/07	✓	✓	✓	✓	✓	✓	HC	FG

Figura 24. Plantilla de planificación intermedia. Fuente [1]

Ahora que el planificador ya ha dividido las actividades que tienen restricciones y las que no, ha introducido las actividades sin restricciones en el ITE (Inventario de Trabajos Ejecutables), el siguiente paso que ha de seguir es eliminar las restricciones que nos imposibilitan hacer las actividades con restricciones pero que hemos introducido en la planificación intermedia. Es importante recordar que el planificador ha introducido estas actividades porque él cree que será capaz de eliminar las restricciones antes de la fecha programada para el inicio de ésta.

Planificación Semanal:

El objetivo principal de este nivel de planificación es controlar a la unidad de producción, progresando en la calidad de las asignaciones gracias al aprendizaje continuo y a las acciones correctivas. El control de la unidad de producción depende en gran parte de la calidad de las asignaciones hechas por el último planificador.

Para que una asignación sea considerada una asignación de calidad ha de tener las siguientes características:

- Las actividades han de estar bien definidas para que puedan ser ejecutadas sin ambigüedades, para lo cual las asignaciones han de ser muy específicas en su descripción.
- La secuencia de trabajo ha de ser lógica, las asignaciones se harán a partir de aquellas consideradas legítimas en orden de prioridad y ejecución.
- La cantidad de trabajo asignada a una unidad productiva ha de ser asumible por ésta.
- Las actividades que precedían a la asignación tiene que estar finalizadas, la unidad de producción ha de tener todo lo que necesita.

La planificación semanal escoge las actividades de lo que puede ser hecho o sea del ITE, de esta manera nos evitamos que hayan incertidumbres en nuestro flujo de producción fomentando la confianza en la unidad que ejecutará el plan de trabajo y en las unidades que posteriormente ejecutarán actividades que tienen a ésta como precedente.

Se sabe que la filosofía Lean está basada entre otras cosas en la implementación del Kaizen (mejora continua) en los procesos, por eso en el sistema del último planificador una parte fundamental es la retroalimentación. Si se sabe los motivos por los cuales no se cumple los plazos establecidos se podrá mejorar en la próxima planificación, por eso se utiliza un medidor llamado Porcentaje de actividades completadas (PAC), que es el número de actividades completas que fueron programadas dividido por el número total de actividades programadas.

En la figura se puede apreciar una plantilla típica para estudiar el resultado de la planificación semanal, si una actividad está acabada al 100% se le pone un 1 en la casilla del PAC y si no se le pone un 0.

PROGRAMACIÓN OBRA GRUESA											
Semana del 5 al 11 de junio											
Nº	ACTIVIDAD	MARTES 5	MIÉRCOLES 6	JUEVES 7	VIERNES 8	LUNES 11	PAC				
1	Fierro vigas y losa piso 1 sector A	x	x				1				
2	Hormigón vigas y losa piso 1 sector A	x	x				1				
3	Moldaje muros y pilares piso 1 sector B	x	x	x	x		1				
4	Hormigón muros y pilares piso 1 sector B	x	x	x	x		1				
5	Moldaje vigas y losa piso 1 sector B	x	x	x	x	x	1				
6	Fierro vigas y losa piso 1 sector B			x	x	x	1				
7	Hormigón vigas y losa piso 1 sector B						1				
8	Fierro muros y pilares piso 2 sector A					x	1				
9	Moldaje muros y pilares piso 2 sector A					x	1				
10	Hormigón muros y pilares piso 2 sector A						1				
11	Trazados y niveles generales edificio C-D	x	x	x	x	x	1				
12	Excavaciones fundaciones edificio C	x	x	x	x	x	1				
13	Emplantillado edificio C						1				
14	Excavaciones fundaciones edificio D			x	x	x	1				
15	Instalaciones provisionales: Electricidad	x	x	x	x	x	1				
16	Instalaciones provisionales: Alcantarillado	x	x	x	x	x	0				
17	Instalaciones provisionales: Agua potable	x	x	x	x	x	0				
18	Cierres provisionales	x	x	x	x	x	1				
							PAC [%]	89			

Figura 25. Plantilla para estudiar el resultado de la planificación semanal. Fuente [1]

Una vez que se sepa qué actividades fueron programadas pero no completadas, se tendrá que proceder a intentar identificar las causas del no cumplimiento, normalmente como causas que pueden explicar el no cumplimiento de lo programado se encuentran las siguientes:

- Error en la información, considerar que una actividad no tenía restricciones cuando sí que las tenía.
- Considerar que la unidad de producción era más productiva de lo que realmente era.
- Tener que asignar muchos recursos a otra actividad que era más urgente y que no estaba prevista.

Sea cual sea el motivo del incumplimiento es importante estudiarlo para que este no se vuelva a repetir o al menos que sea predecible para no considerar la actividad que ha retrasado la obra como asignación la próxima vez.

La siguiente figura resume de manera esquemática los pasos a seguir para planificar una obra bajo este sistema.

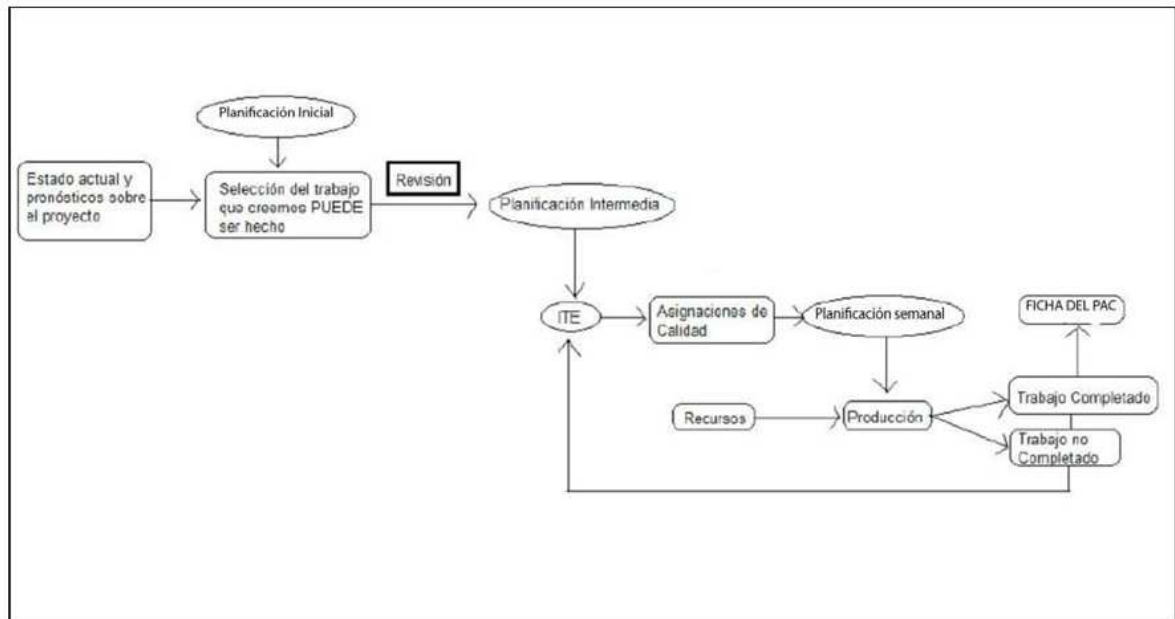


Figura 26. Resumen del sistema del último planificador. Fuente [1]

4.3 Benchmarking (La comparativa de los indicadores)

4.3.1 ¿Qué es?:

La práctica del Benchmarking está muy relacionada con el concepto de la competencia, es algo de sentido común y aparentemente muy sencillo. El benchmarking consiste simplemente en hacer una comparativa de los indicadores de productividad de una empresa con los indicadores de productividad de las empresas rivales.

La idea es que gracias a estas comparaciones, la empresa sabrá cuáles son sus puntos débiles y cuáles son sus puntos fuertes en relación a la competencia, evidentemente la empresa debería intensificar sus actividades en los puntos fuertes e intentar arreglar sus problemas en las actividades débiles. Así pues realmente el Benchmarking es otra manera de buscar mejorar de forma continua.

La actuación del Benchmarking ayudará a la empresa en varias facetas, entre ellas destacan las siguientes:

- Las compañías sabrán en que facetas es posible mejorar de forma real, ya que si un rival está consiguiendo más beneficios en alguna actividad es porque lo está haciendo mejor y además la compañía sabe que es posible obtener esos beneficios porque alguien lo está haciendo.
- Obligará a la empresa a buscar la mejor continua, pues a nadie le gusta quedar mal en las comparaciones con otra empresa en un sistema financiero capitalista como el actual.

Uno de los mayores inconvenientes de esta aplicación radica en que muchas veces no es posible obtener información sobre los medidores de desempeño de las empresas rivales, para ello muchas veces existen cooperaciones entre las diferentes empresas del sector, para que todos dispongan de esa información, porque aunque muchas veces se crea lo contrario también se puede crecer sin que este crecimiento sea a costa de la competencia.

4.3.2 Fases para hacer un Benchmarking:

Para que una empresa aplique de manera efectiva este concepto se han de seguir 5 pasos.

- 1)*Decidir qué se va a medir:* Se sabe que se va a realizar una comparación de los indicadores de desempeño, pero ¿qué se quiere medir con estos indicadores de desempeño?, para eso se ha de tener muy claro previamente que indicadores se quieren utilizar. Así pues se ha de planificar con claridad cuáles son las facetas de la empresa que necesitan ser mejoradas, y asegurarse que estas facetas son importantes para la empresa y sobretodo para el consumidor final. También es importante planificar cuál será la metodología implementada para recopilar la información.
- 2)*Analizar los datos obtenidos:* Una vez que se tiene la información necesaria para hacer la comparación de lo que se creía que era importante, llega el momento de analizarla. Para analizarla, se ha de hacer comparaciones de los medidores propios y los de la competencia, con la propia industria y hasta la misma propia empresa, la comparación propia se refiere a comparar los resultados de diferentes años, diferentes lugares del mundo etc.
- 3)*Actuar:* Después del análisis, se ha de actuar para mantener los puntos fuertes y eliminar las debilidades. Evidentemente es el paso más importante porque el rendimiento no cambiará por si solo sino que se tiene que realizar alguna acción para intentar cambiarlo.
- 4)*Revisión de las acciones:* Para saber si las acciones que se han emprendido en el apartado anterior han sido correctas, se ha de comparar los resultados que se obtienen en la actualidad y los objetivos que se habían marcado, si la tendencia es a acercarse querrá decir que la decisión fue acertada, por el contrario si la tendencia es mala se tendrá que tomar nuevamente decisiones para intentar remediar las decisiones que se tomaron con anterioridad ya que estas eran erróneas.
- 5)*Repetir el proceso:* Para que el proceso de benchmarking sea efectivo ha de ser continuo, nunca puede parar sino que ha de ser un bucle que se repita de forma constante. Así pues el benchmarking se ha de convertir en un hábito si realmente se quiere mejorar continuamente.

4.3.3 Indicadores de desempeño:

La medición del desempeño es fundamental para la gestión de una empresa tanto en temas financieros como en temas de calidad. Gracias a las mediciones, los gerentes cuentan con información necesaria para tomar decisiones para mejorar la calidad y la productividad de la empresa.

Definir los indicadores de calidad y productividad es imprescindible para evaluar el desempeño actual de la empresa y poder compararlo al desarrollo que están teniendo las otras empresas en el mismo sector. [15]

Gracias a la existencia de los indicadores sectoriales, las empresas pueden comparar sus resultados con el de las empresas competidoras del sector evaluando su nivel de competitividad y estableciendo sus metas para la mejora continua.

Una buena forma para clasificar los medidores de desempeño es clasificarlos en financieros y en no financieros. Los medidores de desempeño financieros que normalmente se utilizan son aquellos que agregan valor financiero o monetario al negocio, como por ejemplo los costes y la variación que estos tienen en relación a los patrones establecidos...

Por otro lado, los medidores de desarrollo no financieros han ganado gran importancia en los últimos años, ya que son capaces de medir actividades que también son muy importantes para la empresa (entrega en plazo, satisfacción del cliente, número de reclamaciones del cliente, tiempo para el desarrollo de nuevos productos, mediciones del stock...)

Los medidores de desempeño han de tener una serie de características para que puedan cumplir su función de forma eficaz: [15]

- 1-Selectivos: Los indicadores han de estar relacionados a factores esenciales o críticos para la empresa.
- 2-Representativos: Los indicadores deben de ser escogidos o formulados de forma que representen de forma satisfactoria el proceso o el producto al cual se refieren.
- 3-Simplicidad: Los indicadores de desempeño deben de ser fáciles de comprender y de aplicar.
- 4-Bajo coste: Los indicadores de desempeño deben de ser generados con un coste asociado muy bajo. El coste asociado a la recogida de datos de estos medidores no puede ser superior al beneficio que la empresa obtenga de la misma.
- 5-Estabilidad: Los medidores de desempeño han de estar asociados a información estable y no ha información que cambie de forma continua. Por ejemplo un buen medido de desempeño sería los beneficios obtenidos en el pasado ejercicio, ya que es una información que no puede cambiar.

- 6-Mejora Continua: Los medidores de desempeño han de ser periódicamente evaluados, y cuando sea necesario se han de modificar o sustituir por otros que sean mejores que los actuales.

Para que un medidor de desempeño pase a formar parte del sistema de una empresa, se han de seguir una serie de directrices: [15]

- 1) Se ha de plantear de manera eficiente el proceso de recogida de información de los diferentes medidores de desempeño:
 - a) Si se tienen datos previos, estos se han de aprovechar.
 - b) Adaptar los instrumentos de recogida de información existentes o si no existen, crear nuevos para que se adapten a las necesidades reales de la empresa en cada momento. (Planillas, listas de verificación ...)
 - c) Almacenar de forma correcta los datos obtenidos en la recogida de información de los medidores de desempeño, por ejemplo en una base de datos, para que cuando se necesite se pueda recuperar la información de forma sencilla.
 - d) Designar una persona responsable de los medidores de desempeño de la empresa. Esta persona tendrá como funciones designar cuales serán los medidores de desempeño a utilizar, estudiar la información obtenida e informar a la empresa de posibles mejoras.
- 2) Para el procesamiento correcto de la información de los medidores de desempeño es importante definir cómo se van a representar los datos obtenidos, de forma que sea de fácil comprensión y que permita el análisis por parte de los diferentes agentes interesados en un mismo medidor:
 - a) La entrega de información se debe realizar de forma inmediata a los agentes interesados, optimizando el tiempo de procesamiento de los diferentes medidores para que la información esté disponible dentro de los ciclos de planeamiento y control de cada proceso, si se utiliza el último planificador, estos deberán estar listos de forma semanal.
 - b) Utilización de sistemas informáticos que faciliten la comprensión de la información obtenida y que aceleré la velocidad de procesamiento de los diferentes medidores.

- 3) La evaluación de los diferentes medidores debe facilitar el análisis sistemático de los resultados, permitiendo que los agentes entiendan las relaciones causa efecto entre las diferentes variables que afectan a los resultados:
- a) Se ha de definir previamente momentos específicos donde se estudiará la información obtenida por los medidores, normalmente antes de la planificación semanal.
 - b) Se fomentará un clima de participación en las actividades de evaluación de los diferentes medidores, y se tratará de buscar soluciones entre todos los agentes responsables en función de la información obtenida por los medidores.
 - c) Incentivos a los agentes que sean capaces de desarrollar más soluciones a los problemas que aparezcan en los diferentes medidores.

La siguiente figura muestra un ejemplo de los tipos de medidores de desempeño se pueden utilizar en una obra.

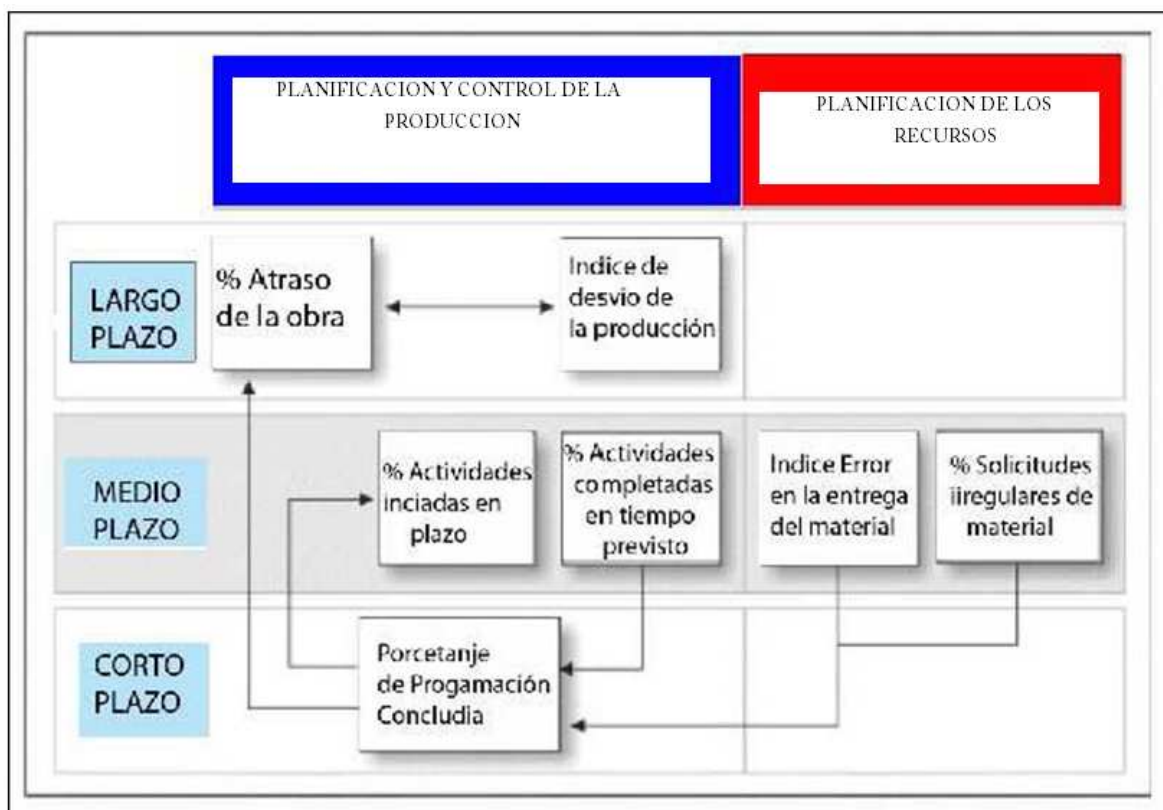


Figura 27. Ejemplo de medidores que se pueden usar en la construcción. Fuente [15]

4.4 Utilización del sistema 4D y de la línea de balance para la planificación:

4.4.1 Introducción:

La ejecución de un proyecto es compleja. Es esta complejidad la que hace que sea imposible predecir todos los posibles problemas que los obreros se encontrarán durante la fase de construcción, por eso la planificación es un aspecto fundamental para la correcta ejecución de un proyecto, aunque esta no siempre es lo más correcta posible.

El control total de las diferentes actividades, subcontratistas, y recursos en la obra es vital si se quiere gestionar de manera eficiente la ejecución, reduciendo al mínimo los desperdicios generados y generando el máximo valor para el cliente.

Así pues, la situación con la que se ha de lidiar es complicada pues se sabe que planificar las actividades de forma correcta es casi imposible, pero por otro lado se ha de intentar planificarlas para convertir el proceso de construcción en un proceso Lean.

Como se verá más adelante el sistema conocido como 4D que combina simulación con planificación no asegura el flujo continuo entre las diferentes actividades y por eso se pensó en unir dos teorías distintas que eran la Línea de Balance y la simulación 4D.

4.4.2 Planificación del proyecto mediante el sistema de la línea de balance.

El sistema de planificación de la Línea de Balance tiene sus orígenes al igual que la filosofía Lean en la industria manufacturera donde lleva siendo útil desde hace mucho tiempo, es una herramienta muy eficaz para planificar y controlar proyectos repetitivos.

Este sistema también fue modificado para poder aplicarlo a la construcción, pero su utilización siempre se ha visto superada por el sistema del camino crítico que a su vez fue desarrollado a partir de las barras de Gant.

Aunque el sistema de la Línea de Balance haya sido principalmente usado para proyectos con una larga escala de repetición sobre un número discreto de actividades, su eficacia en proyectos de gran escala y con pocas repeticiones ha sido probada.

El sistema de la Línea de Balance, es un sistema de planificación lineal que permite planificar las actividades para que estas sean ejecutadas de forma continua, incluso aunque el trabajo de la misma actividad se esté ejecutando en diferentes sitios. [17]

La planificación mediante la Línea de Balance está orientada en determinar el porcentaje que se necesita ejecutar de las diferentes actividades de forma diaria. Este sistema de planificación considera el espacio como una variable explícita en la planificación de las diferentes actividades, lo que permite una planificación de los recursos disponibles fácil y eficaz, que equivale en un ahorro de costes, ejecución más rápida de los proyectos, reducción de la variabilidad entre actividades, y menos riesgos de programación ya que los

trabajadores podrán trabajar en una localización explícita hasta que acaben sin miedo a interferir con otras actividades.

La planificación mediante la Línea de Balance, empieza dividiendo el proyecto en diferentes localizaciones físicas, gracias a los planos, presupuesto y especificaciones se determinará todas las actividades que se han de realizar. Luego se divide las actividades entre aquellas en las que sí que se necesitará subcontratar a alguien y en las que no se necesitará. De esta forma se conoce la cantidad de trabajo que se ha de hacer en cada localización y si este trabajo será realizado por la propia empresa o se subcontratará. Gracias a la descripción de la actividad y a las limitaciones de espacio en la localización se determinará el personal óptimo para la ejecución de la misma. Una vez se sepa todas las actividades que son necesarias ejecutar se hará la planificación del proyecto, para ello se han de ir introduciendo las actividades en el planing de la forma que se crea más lógica.

Luego se utilizarán los llamados diagramas de la Línea de Balance para determinar cuáles son los errores que se han cometido.

Estos errores significan que existen oportunidades para planificar el proyecto de forma que exista un flujo continuo y estable entre actividades y en todas las localizaciones del proyecto. La figura muestra los errores cometidos en la planificación previa del proyecto en la izquierda y en la derecha como queda la planificación si lo hacemos bajo este modelo.

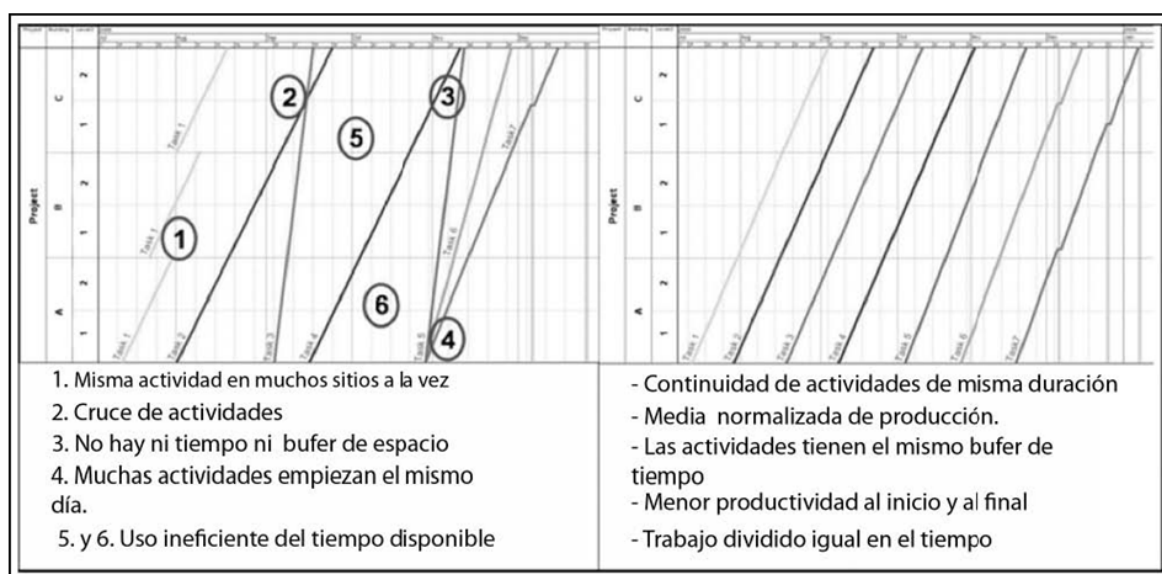


Figura 28. Errores de planificación en el camino crítico y planificación bajo la línea de balance. Fuente [17]

El método de la Línea de Balance utiliza principalmente dos principios básicos: sincronización y continuidad. La sincronización se entiende como el esfuerzo para conseguir que todas las actividades tengan un nivel de productividad similar, se dice que un proyecto está sincronizado cuando las líneas que definen las actividades en los diagramas de La Línea de Balance son paralelas y demuestran un buffer de tiempo entre actividades constante. Por otro lado la continuidad significa que las actividades están programadas para continuar de una localización a otra. [17]

La técnica de la Línea de Balance asegura que el trabajo tendrá un flujo continuo, pero de todas maneras todo y que considera el espacio como una variable explícita, no especifica la configuración espacial de las actividades, así pues para poder identificar las partes de la obra que están relacionadas con las diferentes actividades se tendrán que utilizar los planos. Pero esta relación no es fácil y en muchos casos es engorrosa, por eso se pensó la posibilidad de combinar la estrategia de la Línea de Balance con el de la simulación, o lo que es lo mismo añadirle una cuarta dimensión (el tiempo), a los diseños en 3D mediante los anagramas del sistema. Combinando la planificación de la Línea de Balance con el sistema del 4D CAD introduciremos una concepción espacial en la planificación que mejorará la calidad del diseño del proceso constructivo.

4.4.3 Simulación y visualización utilizando modelos 4D CAD:

Los modelos 4D CAD permiten a los participantes del proyecto simular y analizar los “y si” escenarios antes de empezar la ejecución del proyecto en la obra. Los japoneses han experimentado durante años en estas técnicas y basándose en sus resultados se puede afirmar que es muy importante la visualización del proyecto en su fase de diseño si se quiere que este sea sincronizado y continuo y sobre todo para la implementación del Lean Thinking en el proyecto. Normalmente los operarios de la construcción tienden a concentrarse solo en su propia tarea y se vuelven indiferentes a otras actividades que están relacionadas con su trabajo generando en la mayoría de casos una cantidad de desperdicios eliminables, en forma de errores tales como dejar algo mal para el siguiente y tener que volver a hacer el trabajo que ya estaba hecho...

Este concepto es crucial en cualquier tipo de proyecto pero es en proyectos con muchas actividades o con muchos grupos de operarios diferentes cuando realmente es visible.

La visualización del proyecto por parte de los operarios debería motivar a estos para que mejoraran su trabajo y que también mejoraran la coordinación con los otros grupos de trabajo, asegurando de esta forma un flujo de trabajo continuo y estable y reduciendo en gran parte los desperdicios previamente comentados.

Normalmente los modelos 4D CAD se crean combinando los modelos del proyecto en 3D con las actividades que previamente se han planificado con el sistema del Camino Crítico. El modelo 4D provee al usuario con una visión clara y directa de cómo se ha de ejecutar el proyecto siguiendo lo planificado y facilita que éste sea capaz de explicar a las diferentes partes implicadas en el proyecto como ha de ser la ejecución del mismo.

La dificultad es intentar aplicar el concepto de trabajo de flujo continuo con estos modelos de 4D CAD, ya que estos modelos se basan en actividades separadas planificadas por el sistema del Camino Crítico. Además los modelos 3D CAD que también son parte de estos modelos, no representan las localizaciones de los grupos de operarios ni otros recursos, resultando en que la capacidad de estos modelos para modelar y analizar el flujo de un proyecto es bastante limitado.

Son pues necesarios componentes adicionales en los modelos 3D que permitan observar el flujo de los recursos en un proyecto, por ejemplo sería interesante que los modelos enseñaran las localizaciones de los grupos de operarios tal y como se ha dicho anteriormente

4.4.4 Ejemplo de aplicación:

Es difícil imaginarse sólo con la información que se ha explicado cómo se puede aplicar este sistema, por eso se ha introducido un ejemplo de unos edificios de pisos que se construyeron en Suecia, en este ejemplo lo que se demuestra es que mediante la combinación de la simulación y del sistema de planificación de la Línea de Balance se evitan muchísimos errores en la planificación.

Como se ha visto con anterioridad la idea de la combinación es planificar mediante la Línea de Balance, y luego visualizar la simulación en 4D. Una vez hayamos visualizado la simulación en 4D pueden ocurrir dos cosas, que con la actual planificación se perciba algún problema, o que no se vea ninguno. Si se ve algún problema se cambiará la planificación realizada previamente si por el contrario no se ve ninguno la planificación se dejará como esta.

Una vez se haya simulado y cambiado o no la planificación, se partirá a examinar con detalle la planificación hecha bajo la Línea de Balance (figura), y se observará en qué situaciones se pueden tener problemas (Líneas que se cruzan, poco tiempo entre actividades etc.). Cuando se tengan identificados estos problemas, se pasará a simulación y se observará en 3D si estos problemas son problemas como tal o son sólo situaciones complicadas pero salvables y que no necesitan de una modificación de la planificación.



Figura 29. Ejemplo de aplicación de este sistema en la planificación, los círculos rojos son los errores encontrados observando el diagrama. Fuente [17]

En la figura se puede observar como los errores vistos en la planificación se comparan con el modelo en 4D y se decide si es necesaria cambiar la planificación o si simplemente solo sabiendo que este problema existirá ya es suficiente.


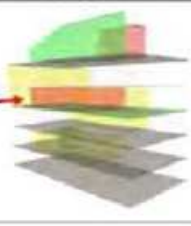

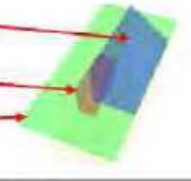



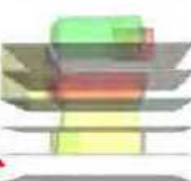
	ERROR IDENTIFICADO	CROQUIS EN 4D	BREVE ANALISIS
1			<p>Dos actividades se han planificado para el mismo día y en el mismo espacio físico, esto se aprecia por el cruce de dos actividades en el diagrama de la línea de balance y por el espacio congestionado en el modelo 4d (en rojo).</p> <p>La sincronización de éstas mejorará el flujo de trabajo y resolverá el problema.</p>
2			<p>El diagrama de la línea de balance nos muestra un conflicto, pero gracias al modelo 4D, vemos que el problema se reduce a un espacio muy limitado, donde se solapan dos actividades. Consecuentemente este problema no debería congestionar la zona en exceso.</p>
3			<p>Muchas actividades empiezan el mismo día, y así lo muestra el modelo 4D donde se ve el conflicto en rojo.</p> <p>El modelo 4D muestra que alguna de estas actividades no podrán empezar.</p> <p>Este tipo de congestiones se pueden predecir y evitar usando esta planificación.</p>
4			<p>Gracias al diagrama de la línea de balance y al modelo 4D, observamos que se está usando el espacio de manera poco eficiente.</p> <p>En una planta tenemos espacio disponible y en las otras tenemos trabajo congestionado.</p>

Figura 30. Comparación de errores entre los dos sistemas. Fuente [17]

4.5 El mapeo de la cadena de valor en la Construcción:

4.5.1 Introducción:

La cadena de valor es uno de los principios más importantes del Lean Thinking (capítulo 2), ya que es la que define las acciones que aportan valor para el usuario final y las que no.

Definir la cadena de valor de un producto final es un paso primordial para transformar el proceso de producción en un proceso Lean, pero en muchos casos es una tarea complicada y que necesita de mucho tiempo de dedicación, en este apartado se explicará cómo crear la cadena de valor para la construcción de una manera sencilla y eficaz.

El concepto de valor en la construcción es un concepto al que nunca se le ha dado mucha importancia, se sabe que para hacer algo se han de seguir una serie de actividades, pero nunca se definen esas actividades como valiosas y no valiosas y nunca se examina si hay alguna que podría ser eliminada.

4.5.2 El concepto del valor:

El valor en la construcción se ha de entender como un apellido para las diferentes actividades que se ejecutan en el proceso de construcción, por un lado se tienen las actividades valiosas y por otro lado se tienen las actividades no valiosas.

Las actividades valiosas son aquellas que convierten el material y/o la información en algo que el cliente requiere. Por otro lado las actividades no valiosas son aquellas que consumen tiempo, recursos y espacio físico y que no añaden valor al producto final.

El valor como tal lo define el cliente, pero el valor como concepto sigue lo que se conoce el diagrama de Emmitt [27] y que es el que se utiliza en la construcción. Este diagrama está formado por 4 conceptos dividido en 2 fases y en 3 actividades principales.

Los conceptos son:

- 1) Necesidades de los clientes y el concepto del valor en la fase del diseño de la creación del valor.
- 2) Construcción y consumo del valor creado en la fase de entrega de valor al cliente.

Por otro lado las actividades son : contacto, contrato y control.

En la figura se puede observar el diagrama de Emmitt, también conocido como el diagrama de las 7 C.

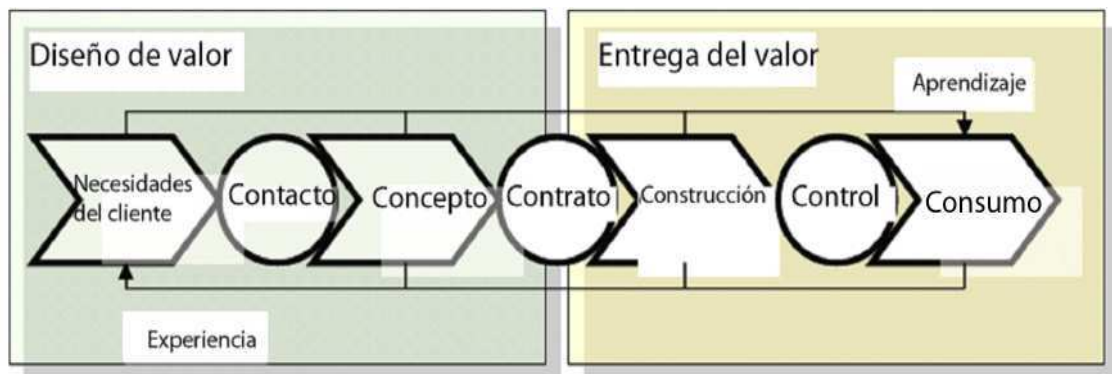


Figura 31. Diagrama de Emmitt. Fuente [27]

Conceptos del diagrama de Emmitt o diagrama de las 7 C

- 1 *Las necesidades del cliente:* El cliente define cuáles son sus necesidades y las plasma en un papel y en unos croquis o planos previos.
- 2 *Contacto:* El cliente toma contacto con los diferentes proyectistas que pudieran hacerle el trabajo.
- 3 *Concepto:* El cliente explica el concepto a los diferentes proyectistas y éstos le dan diferentes opciones constructivas y el cliente se queda con la que más le gusta.
- 4 *Contrato:* El cliente firma un contrato con el proyectista, éste plasmará las necesidades del cliente en las especificaciones y en los planos del proyecto. Este paso representa la transición entre el diseño de valor y el de la entrega de valor al cliente.
- 5 *Construcción:* Aquí el cliente tiene un papel menos significativo, y normalmente existen dos posibilidades. En primer lugar cabe la posibilidad de que el mismo proyectista sea el encargado de ejecutar el proyecto, en este caso el papel del cliente es nulo ya que lo único que tiene que hacer es esperar a que se le entregue su obra acabada. La segunda posibilidad es que la empresa constructora no sea la misma que la empresa proyectista, en este caso el cliente tiene un papel más importante ya que ha de adjudicar el trabajo a alguna constructora y en muchos casos lidiar entre la empresa proyectista y la empresa constructora. Sea cual sea la opción, en esta fase el contratista trabaja junto a las subcontratas para ejecutar las actividades planeadas.
- 6 *Control:* Esta actividad consiste en asegurarse de que el producto se está construyendo según los planos y especificaciones, o sea según lo que es valioso para el cliente y que fue definido en el momento del contrato. Aquí dependiendo del tipo de obra la entidad encargada del control puede ser el mismo cliente o una dirección de obra contratada por el mismo cliente.

7 *Consumo*: En esta fase se le entrega al cliente el producto final según sus requerimientos y es donde se hace un resumen de cómo se han hecho las diferentes actividades, ya sean operacionales o administrativas. Se reflexiona sobre lo que se ha hecho mal y sobre lo que se podría haber hecho mejor y se aprende de los errores para futuras experiencias.

4.5.3 La cadena de valor:

En la construcción no se puede hacer una cadena de valor de todo el proyecto en global, debido en gran parte y como se ha comentado con anterioridad a la gran complejidad de la misma y al gran número de actividades diferentes que se necesita para ejecutar un proyecto.

Según un estudio de Picchi en el [20], si se quiere utilizar el concepto de la cadena de valor de forma eficiente en la construcción hemos de dividir todo el proceso en 4 grupos diferentes: Grupo Administrativo, Grupo del diseño, Grupo de trabajo en la obra, Grupo de aprovisionamiento.

El flujo en el grupo administrativo se asocia al flujo de cash o liquidez, el concepto de flujo en el diseño se asocia al concepto de diseños claros y que se puedan construir, el grupo de trabajo en la obra se asocia al flujo de actividades ejecutadas y el flujo del grupo de aprovisionamiento se asocia al flujo de la transformación de las materias primas hasta que llegan al cliente.

La figura muestra como se relacionan entre ellos los diferentes flujos en un proyecto.

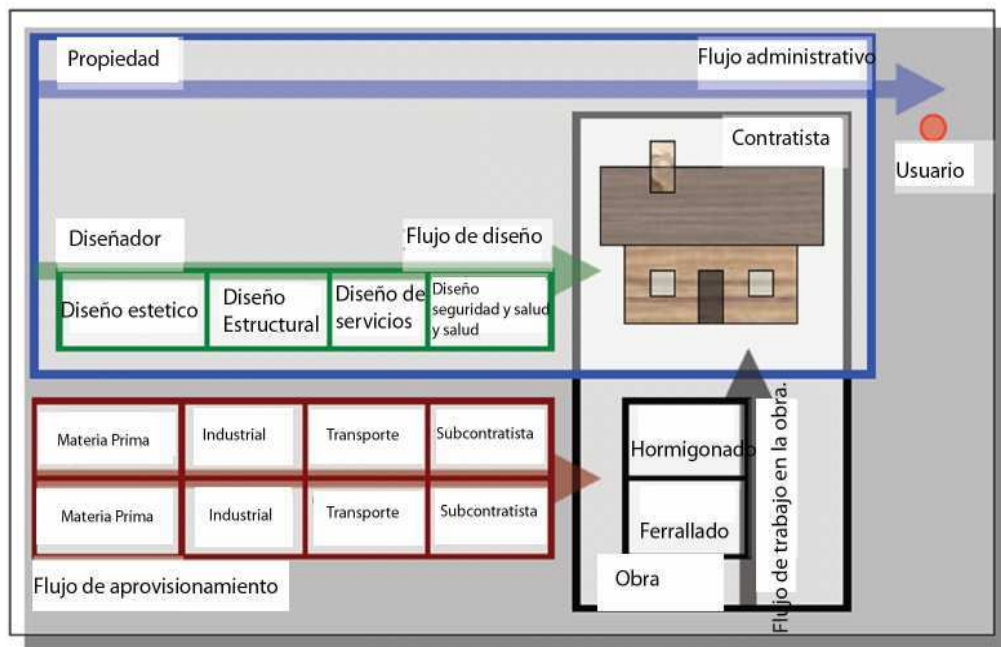


Figura 32. Relación entre los diferentes flujos. Fuente [20]

Como conclusión Picchi escribió en su estudio que el tipo de material es el factor más influyente en los diferentes flujos de la construcción. Para llegar a esta conclusión el autor se basa en que los diferentes materiales utilizan diferentes tecnologías y por eso necesitan diferentes procesos, diferentes procedimientos de construcción diferentes proveedores y subcontratas...

4.5.4 Mapeo de la cadena de valor:

El mapeo de la cadena de valor, es un proceso simple, que consiste en observar de forma directa los flujos de información y de materiales cuando estos ocurren, resumirlos e intentar visionar un estado futuro mejor y aplicarlo para mejorar la productividad del proceso constructivo. [29]

La mayor finalidad del mapeo de la cadena de valor es poder implementar la filosofía Lean en aquel proceso del cual se esté haciendo la cadena de valor. El mapeo de la cadena de valor es una herramienta para usar la filosofía Lean pero no una receta, es como tener un lápiz para escribir, teniendo el lápiz se puede escribir pero éste no dirá ni qué escribir ni cómo escribir.

El primer paso para hacer el mapeo de una cadena de valor eficiente, es definir el producto o la familia de productos que se quieren mejorar. El segundo paso es dibujar, con la ayuda de unos iconos estandarizados, un mapa que defina como se están haciendo las cosas en la actualidad. El tercer paso es dibujar el mapa de cómo debería ser el proceso una vez que se hayan eliminado todas las ineficiencias. Este mapa es el que se deberá tomar como base para poder producir los cambios requeridos en el sistema.

1) Elección del producto o de la familia que se quiere mejorar:

Para empezar con el mapeo de la cadena de valor se ha de escoger un producto o una familia específica que se quiera mejorar. Para poder escogarlo se ha de conocer las diferentes unidades de obra que forman nuestro proyecto, para ello se tiene que estudiar qué pasará con las materias primas desde que entran en la obra hasta que se convierten en los diferentes productos finales que juntos formaran el producto final.

La familia de productos normalmente se compone por un grupo de productos variados que han pasado por actividades similares y que han usado maquinaria similar.

2) Mapear el estado actual

a) Mapeo del flujo físico

Una vez que se tiene claro cuál es el producto o la familia que se quiere mejorar, se puede dibujar el mapa del estado actual. El primer paso para poder dibujar el mapa del estado actual es darse un paseo ya sea de forma real o de forma imaginaria por todo el recorrido que sufre las materias primas hasta que se convierten en el producto final a mejorar, en el paseo hemos de documentar:

- Las acciones que se realizan para producir el producto.
- Las instalaciones donde se produce el proceso constructivo del producto.

- Las condiciones de transporte de los diferentes materiales.
- Todas las acciones administrativas relacionadas con el producto.
- Tiempo requerido para producir el producto final.

Un cálculo sencillo y que resulta bastante significativo es comparar el tiempo total que se necesita para producir el producto y compararlo con la suma del tiempo actual de las actividades que generan valor, para poder saber si las actividades generan valor o no, se ha de pensar como el cliente y preguntarse a uno mismo si el cliente debería pagar menos dinero por el producto o ser menos feliz con el producto si una actividad y el tiempo correspondiente a esta actividad no existiera.

El siguiente paso para poder mapear el estado actual es incluir el transporte de las diferentes materias primas, ya sea de las materias primas que llegan desde fuera de la obra o de las que se mueven entre los distintos acopios dentro de la propia obra, los transportes pueden ser barco, tren, camino, avión... La frecuencia de los diferentes modos de transporte ha de ser incluida. También se incluirá información adicional: La distancia en kilómetros, la cantidad de materia transportada en los diferentes medios de transporte y el porcentaje de entregas defectuosas según los requerimientos del cliente.

Finalmente se dibujará debajo del mapa dos líneas, una que indique el tiempo que necesita cada actividad para realizarse, y otra que dibujará la parte del tiempo que genera valor en el producto final. Estas líneas empezarán en el 0 y serán líneas de tiempo absoluto o sea que irán aumentando conforme vayan pasando por debajo de los diferentes iconos (transporte, actividades...) que vaya acumulando tiempo.

b) Mapeo del flujo de información.

Después de mapear el flujo físico del producto, se necesita mapear el flujo de información, el flujo de información que se dibujará en el mapa es la frecuencia de las ordenes (diarias, semanales, mensuales...) y también como la información se transmite entre los diferentes agentes. (Teléfono, e-mail, fax).

3) Análisis del Mapa del estado actual

El mapa del estado actual será de mucha ayuda porque enseña cual es el proceso real de la producción. Su análisis permitirá identificar los diferentes despilfarros, y sugerirá cambios en las acciones para mejorar el flujo actual o para crear un nuevo flujo mejor que el actual. Este nuevo flujo producirá lo mismo en menos tiempo, con una calidad mayor y con menor coste.

4) Mapeo del estado futuro.

El mapeo del estado futuro es el último paso en el Mapeo de la cadena de Valor, este mapa es el resultado del análisis del mapa del estado actual, mejorado con las proposiciones cogidas del análisis. Este mapa se dibuja como el estado ideal, que en teoría es la mejor manera en la que podemos transformar nuestro proceso de construcción actual.

La meta es mostrar a la compañía donde se tienen desperdicios en el proceso de construcción y de qué forma éstos pueden ser atacados y en la mayoría de los casos eliminados.

Hay que tener en cuenta que no se puede pasar del estado actual al estado ideal en un día ya que las mejoras no se pueden implementar todas a la vez, sino que se ha de ir mejorando el proceso constructivo poco a poco empezando por las áreas que más difieren de los dos mapas e intentando que los dos mapas se vayan asemejando cada vez más de forma continúa.

4.6 El valor del conocimiento, Datawarehousing en la construcción:

4.6.1 Introducción:

El mundo de la construcción tiene unas características únicas que lo hacen diferente a todos. Entre estas características están la complejidad de la construcción como tal y la singularidad de los proyectos.

Debido a la complejidad de los proyectos surgen muchos problemas o dudas cuando se están ejecutando las obras, y debido a la singularidad de los mismos, estos problemas o dudas casi siempre son nuevos o si no poco comunes.

Actualmente la solución a estos problemas se busca primero en la experiencia de los operarios o técnicos de la obra, es decir se busca a alguien que se haya encontrado con el mismo problema y si se solucionó de manera satisfactoria se intenta copiar la solución. Si en la obra no se tiene a nadie que haya pasado por algo similar, se busca este conocimiento en personas cercanas a la obra, gente del mismo grupo, amigos del sector... Si no hay nadie que sepa resolver el problema no hay otra opción que consultar a alguien externo y pagar por la solución obtenida.

El sistema actual de almacenamiento del conocimiento es un desperdicio total, y en ninguna otra industria del sector se sigue el mismo procedimiento.

Imaginemos que pertenecemos a una constructora del top 10 Español, Dragados, Ferrovial, FCC... Con la cantidad de obras que este tipo de constructoras tienen y que han tenido, es casi imposible que surja un problema en el proyecto que se esta construyendo que no haya pasado en otra obra de la misma empresa con anterioridad.

Así pues, si fuéramos capaces de acceder a la solución del problema que se ha dado en la misma empresa con anterioridad estaríamos ahorrándonos dinero y sobre todo estaríamos ganando mucho tiempo, ya que las soluciones externas no son inmediatas.

Por el contrario si esta información no se almacena, este valor solo queda en la experiencia de las personas, y es valor que pierde la empresa, ya que la memoria humana es volátil y es posible que el trabajador ya no siga en la misma empresa.

El Datawarehousing es un sistema que intenta almacenar toda la información que genera la obra para que ésta sea accesible para los demás porque al fin y al cabo la información es valor y el valor es dinero.

Como el objetivo de este subapartado no es aprender a programar un DW no se hablará de algoritmos complicados ni se explicará las diferentes maneras de programar un DW.

4.6.2 Definición:

El data warehousing es un sistema que contiene información orientada a un tema determinado, integrada, variante con el tiempo y que es no volátil y que ayudará en la toma de decisiones.

El sistema copia la información de sistemas ya existentes, mediante un software programado, la esencia de este sistema es la recopilación de información histórica que mediante unos procesos analíticos proporcione información útil sobre alguna decisión que se haya de tomar.

Para que este sistema de información sea eficiente se ha de estar desarrollando durante una serie de años y se necesita un fuerte compromiso por parte de la empresa en construir y mantener esta serie de datos pues le podrá ser muy útil en el futuro.

La idea principal es que se coja toda la información relacionada con la obra, subcontratistas, comparativos, despieces, problemas, fotos, que esta información se filtre que se elimine la no importante, que se clasifique y que se añada al sistema de data warehousing de la empresa, de forma que tenga un acceso fácil.

Es importante destacar que existe la cultura del Data Mart, que es algo parecido al Data Warehousing de la empresa pero a pequeña escala, pues en el Data Mart solo se introduce la información relacionada con un departamento en concreto. Normalmente se considera que la información que se encuentra en el Data Mart proviene del Data Warehousing.

El desarrollo del DW es un proceso gradual, circular y complejo. Para poder construir un sistema de DW eficiente, los encargados de desarrollarlo han de saber claramente que tipo de información el cliente quiere almacenar y se ha de desarrollar un software específico para ello. Muchas veces el sistema del DW no convencerá al cliente en primera instancia y por eso es necesario que se refine el software de éste hasta que el cliente quede del todo satisfecho.

Información importante para el mundo de la construcción podría ser, operarios que se han necesitado para desarrollar una actividad, material empleado, maquinaria, si lo planificado se ha cumplido, calidad obtenida, coste ...

4.7 Datamining en la construcción:

4.7.1 Introducción:

En el apartado anterior se ha hablado de forma breve sobre el datawarehousing y la importancia del conocimiento en la construcción.

Una vez hemos entendido que el DW es muy importante y que la información del conocimiento que no se puede perder, se plantea la situación de que encontrar justo la información que se está buscando es muy difícil en sistemas de DW muy amplios y además a uno le surge la duda de si esta información no puede generar información valiosa por si sola sin que nosotros tengamos que pedirle algo en concreto.

4.7.2 Características de la información de la construcción:

La industria de la construcción es una industria orientada a la realización de proyectos, y en los cuales, los proyectistas, los contratistas y las subcontratistas varían en función de cada proyecto. [10]

Además, la construcción es una industria que tiene un proceso de producción que tiene como finalidad proveer al cliente final con un producto completo, servicios y satisfacción. La construcción es compleja y es un sistema multidimensional en todos los aspectos, trabajadores, capital técnicas y servicios.

En la actualidad no existe la cultura del DW y por eso la información es almacenada básicamente en diferentes unidades: Propietarios, Cadena de abastecimiento, Constructoras, empleados y clientes.

4.7.3 Data Mining:

El data mining es una herramienta muy potente usada para descubrir conocimiento en bases de datos de grandes dimensiones. Es un proceso de buscar e inspeccionar la información para poder obtener información complicada pero potencialmente muy útil y que se encuentra en nuestra base de datos. [10]

Por otro lado es un proceso de descubrimiento de información interesante, como tendencias, asociaciones, cambios, anomalías y estructuras dentro de la información contenida en el Data Warehousing.

El sistema del Data Mining es capaz de analizar la información que se encuentra en el DW de forma automática, y lo que intenta es interpretar conocimiento irracional para crear conocimiento nuevo. Lo que se hace es aplicar una iteración reiterativa para clasificar la información en distintos grupos basándose en las características de la información. En función del tipo de información que se tenga que tratar se utilizan diferentes algoritmos estocásticos bastante complicados. [10]

4.7.4 Análisis de la Información:

Para poder cumplir con las funciones que tiene el Data Mining, se han desarrollado algoritmos de todos los tipos, que a pesar de ser muy diferentes los podemos clasificar en los siguientes grupos: [10]

- 1-Reglas de clasificación: Se usa la información accesible para establecer la tendencia de cada parámetro del DW y así poder clasificarlos.
- 2-Reglas de asociación: Se centra en dos o más parámetros y se intenta buscar conexiones entre ellos.
- 3-Reglas de secuencia: Se centra en dos o más parámetros y se intenta buscar las reglas de secuencia entre ellos.
- 4-Series similares en el tiempo: Aplicando estos algoritmos, se puede descubrir eventos similares que suceden con un periodo de tiempo similar y permite relacionarlos con una serie de conexiones, que puede ser información adicional.
- 5-Reglas de agrupamiento: Este tipo de reglas se han usado mucho en estadística para poder tratar información numérica. En el data mining estos algoritmos también son útiles para tratar información no numérica.

No todos los algoritmos se pueden aplicar en cualquier tipo de información, muchos de los algoritmos antes mencionados solo pueden ser aplicados si la información es continua. El algoritmo más usado es el del análisis de árbol ya que permite tratar con todo tipo de información. [10]

Las principales ventajas que tiene el uso del análisis de árbol son las siguientes:

- Es un algoritmo que permite trabajar con información continua y con información discreta. Es un algoritmo que funciona muy bien aunque las características de la información no estén bien definidas.
- Es un algoritmo que genera y demuestra de forma sencilla las reglas creadas para la información, ayudando al investigador cuando se ha de contrastar el análisis de los resultados con la información disponible, y es muy útil para descubrir posibles causas de baja calidad en la ejecución de un proyecto.
- Es un algoritmo que identifica el nivel de significación de las diferentes variables, informando a los investigadores sobre cuáles son las variables más importantes. De esta manera es mucho más sencillo entender la variación de la información clave.

- Es el algoritmo más eficiente, ya que es el que identifica más variables, luego separa la información en diferentes ramas, hasta que no hayan diferencias significativas entre la información de la misma rama. Debido a la alta eficacia del algoritmo, se pueden aplicar más procesos a la vez y por lo tanto se pueden obtener más conclusiones que con cualquier otro algoritmo.

4.7.5 Pasos para el Data Mining:

El Data Mining se compone de 5 pasos fundamentales, Selección de información, Preparación de la información, Reducción de la información y codificación, Selección del algoritmo y Mining de la información resultados y conclusiones. [10]

- 1) Selección de la información: Primero de todo se ha de intentar saber qué es lo que se quiere obtener y en función de eso escoger toda la información que esté relacionada con esa variable.
- 2) La preparación de la información es uno de los cuellos de botella del Data Mining, debido sobre todo a errores previos en la base de datos, sobre todo perdida o errores en la información esencial de la variable. No hay que despreciar nunca ningún tipo de información, incluso aquella información que un obrero puede aportar ya que un día podría resultar fundamental en el futuro. Información ingenieril del proyecto, administrativa de la empresa mientras se realiza el proyecto etc.. Es información que puede resultar muy útil.
- 3) El tercer paso a realizar es reducir la información y codificarla, para ello existen programas especiales que harán este paso sin problemas.
- 4) Por último se tiene que utilizar el algoritmo escogido que normalmente es el del análisis del árbol y observar los datos obtenidos y dar las conclusiones de la investigación.

4.8 Control de calidad bajo la filosofía Lean:

4.8.1 Introducción:

Uno de los principios de la filosofía Lean es que el producto que salga de la cadena de producción sea un producto valioso para el cliente final.

Por otro lado se ha definido el concepto de lo que es valioso para el cliente y de cómo saber que actividades añaden valor al producto final y cuáles no bajo la perspectiva del éste. Pero, no solo se sabe que actividades generan valor y cuáles no, sino que además se sabe qué calidad han de tener los productos finales para que el cliente final los considere valiosos.

Se parte de la base de que el cliente quiere algo valioso y que para que esto sea valioso ha de tener una cierta calidad, por eso es tan importante en la filosofía Lean el concepto de control de calidad.

La mayor contradicción que tiene la filosofía Lean bajo mi punto de vista y que resulta bastante paradójica, se encuentra en esta sección. Tal y como se ha comentado en las líneas superiores de este apartado, se sabe que se ha de controlar la calidad del producto final para que éste sea valioso para el cliente, pero si se mira la definición de actividad valiosa se verá que el control de calidad no es una actividad valiosa y que por lo tanto ha de ser eliminada o al menos intentar reducirla al máximo. Así pues, la filosofía Lean dice que el control de calidad es muy importante y que siempre se ha de realizar y por otro lado que se ha de eliminarla...

Contradicciones a parte, es evidente que se ha de tener un control de calidad del producto. Primero se ha de controlar mientras se está construyendo que todo se esté haciendo bajo las premisas del cliente y segundo se ha de controlar el producto final antes de ser entregado.

En la mayoría de constructoras no se le presta especial atención a este tema, y la prueba es que solo las obras de “gran” envergadura disponen de un departamento de calidad. Además en la mayoría de obras la persona encargada de este departamento no acostumbra a ser una persona con una preparación específica para ello, y generalmente no se dedica a lo que se considera calidad sino que se dedica a temas como hacer fotos, a los organigramas...

El control de calidad de algo es una actividad continua y que se ha de efectuar lo más cercana posible (temporalmente hablando) a la producción de ese algo, es decir que si se tiene que controlar la calidad de la colocación de unas prelosas pretensadas se ha de hacer justo después de que las coloquen y no cuando hayan pasado dos meses. [8]

Para acabar con la introducción de este apartado se citará una de las frases que dan sentido al sistema Lean en Toyota:

“Cuando la eliminación total de los errores o desperfectos no es posible, la implicación financiera que estos errores omnipresentes tienen es mayor cuanto más tardemos en detectarlos, o sea mayor cuanto mayor tiempo pase entre la creación de estos y su detección, o sea mayor cuanto mayor tiempo pase entre el proceso de producción y el proceso del control de calidad. Así pues las personas que mejor puede hacer el control de calidad de un producto o actividad son las mismas personas que previamente han ejecutado ésta actividad.”

4.8.2 Delegación de responsabilidades aguas abajo:

Si se quiere tener un buen control de calidad se necesita : [8]

- Identificar el fallo de calidad lo más próximo a la ejecución de la actividad posible.
- Motivar a los operarios con incentivos en temas de calidad, y de inspección de esta.

Con la idea de descentralizar la competencia sobre la capacidad de decisión y que ésta no solo dependa de los técnicos relacionados con la obra, se considera, que para que el control de calidad sea efectivo, los operarios deberían tener el poder de poder parar la obra si observan errores o fallos graves en el proceso de construcción y de tomar decisiones propias si observan errores de menor importancia y de fácil solución. [8]

Lo que se busca con esta descentralización es algo parecido a lo que pasa en los procesos de producción en la industria manufacturera, donde todos los operarios de una cadena tienen la capacidad de parar la producción si observan un fallo o error, sin necesidad de avisar al responsable de ese sector, que en el sector de la construcción se traduciría por parar el proceso de construcción sin necesidad de avisar al encargado del tajo. Pero el problema es recurrente, para poder delegar competencias de este grado en los operarios, hemos de asegurarnos que estos operarios sepan lo que están haciendo y que no son personas irresponsables, y la única manera de asegurarnos es conociendo bien a los operarios y sabiendo que tienen los conocimientos suficientes para cargar con esta responsabilidad. Para ello es necesario trabajar muchos años con los mismos operarios y no cambiarlos para cada obra. [8]

La descentralización de las competencias, debería incrementar el poder de los diferentes operarios, al aumentar el poder de éstos, su motivación e implicación en la empresa también incrementará y eso reportará muchísimos beneficios a la empresa.

Por otro lado, los técnicos no perderán tiempo en transferir ordenes que son triviales a los operarios y que operarios con experiencia no hubieran necesitado, y se podrán centrar en actividades mucho más complicadas y que solo los técnicos pueden realizar, tales como una planificación detallada y precisa de las actividades, o definir donde y como se pueden eliminar desperdicios...

Pero además aún hay alguna ventaja más si se delegan este tipo de responsabilidades, ya que los operarios que sean responsables de este tipo de decisión tendrán que agudizar sus habilidades para mejorar el producto de forma continua. La ganancia del conocimiento que los operarios obtendrán servirá para que los errores y fallos sean cada vez más inusuales además de ser un activo para la empresa tal y como ya se ha explicado en el apartado del Datawarehousing.

Si por el contrario no se deja que los operarios se impliquen, y se toman todas las decisiones, los operarios harán el trabajo sin poner demasiada atención y como no tienen la responsabilidad no harán hincapié en los errores que han cometido y no pondrán nada de su parte para no volverlos a cometer, es obvio pensar que si alguien no es conocedor de algo, en este caso de por qué algo que se ha hecho está mal, no se pueda solucionar.

4.8.3 Partes fundamentales de un Control de Calidad:

Parte de la responsabilidad que se tiene cuando se hace el control de calidad es traspasada a los operarios que se encuentran a pie de obra, de esta manera se cree que las insuficiencias de calidad se detectarán de forma más rápida, se podrán solucionar antes y serán menos costosas para las empresas.

De todas formas hay que ser consciente de que el control de calidad que los obreros harán es solo una parte del control de calidad de la obra, y que inspecciones por parte de los técnicos responsables seguirán siendo necesarias.

En la siguiente figura se observa cual ha de ser el proceso para que el control de calidad sea lo más efectivo posible.



Figura 33. Proceso para realizar un buen control de calidad. Fuente [8]

De forma paralela o inmediatamente después de que se realice la actividad los operarios han de realizar una inspección del resultado obtenido en la ejecución de la misma. Dependiendo de si el producto final responde a las especificaciones que el cliente había definido previamente y que él consideraba valiosas, pueden suceder dos cosas:

- 1) Que el producto final cumpla las especificaciones, en éste caso se dará por concluida la actividad y se dispondrá a ejecutar la actividad sucesora a ésta.
- 2) Que el producto final no cumpla con las especificaciones que se habían dado por el cliente, en este caso se intentará solucionar los errores encontrados.

Finalmente, y con la intención de mejorar la ejecución de actividades similares y la planificación del control de calidad en el futuro, se almacenaran datos sobre los diferentes problemas que hayamos encontrado en nuestros controles de calidad. [8]

El control de calidad no es una actividad sencilla y necesita ser bien planificada. La forma más recomendada de planificar el control de calidad es hacerlo a la vez que se esté planeando las actividades a ejecutar (de forma semanal si se sigue el sistema del último planificador). Es muy importante que previamente a la ejecución de una actividad se sepa si esta actividad es propicia a tener problemas de calidad o no, para poder saber si una actividad es potencialmente peligrosa de tener fallos se necesita la información sobre las insuficiencias de calidad que han tenido la ejecución de actividades similares en el pasado, y por eso es fundamental que luego de ejecutar las actividades se almacenen la información con respecto a este tema. Si se sabe que la actividad es potencialmente peligrosa, se tendrá que poner especial atención en aquellos factores que fueron problemáticos en el pasado, de esta forma se evitará tener que solucionar los fallos de calidad, y se ahorrarán los costes relacionados con ello.

4.8.4 Distribución de las responsabilidades:

El traspaso de parte de la responsabilidad a los operarios es una parte fundamental para que el control de calidad sea un proceso efectivo, pero el problema es saber qué porcentaje de responsabilidad hemos de traspasar a los operarios, por eso en este apartado se definirán las responsabilidades de las diferentes partes que actúan en el control de calidad. [8]

Técnicos responsables del área de calidad:

- Preparación de la planificación del control de calidad (permitiendo a los empleados que hagan proposiciones para mejoras)
- Analizar y clasificar la documentación referente a los controles de calidad.
- Especificar con anterioridad a la ejecución de las tareas cuán peligrosamente potenciales son hablando en temas de calidad.

La preparación de la planificación no solo consiste en planificar qué operarios van a hacer la revisión de la calidad y de dotarles de los medios necesarios, sino que también consiste en definir cuáles son las actividades que han de realizar estos operarios para garantizar que la calidad del producto es la adecuada y que se puede dar la actividad como finalizada.

Actividades que han de realizar los operarios con responsabilidades en temas de calidad:

- Proporcionar información a los técnicos en posibles problemas de calidad que la ejecución de una actividad pueda tener basándose en su propia experiencia.
- Ejecución de controles de calidad de forma daría.
- Documentar los errores de calidad detectados, y como se han solucionado y entregárselo a los técnicos. -Búsqueda continua de mejoras en la ejecución de las diferentes actividades.

La siguiente figura es un resumen de forma esquemática de la división de acciones entre operarios y técnicos responsables.

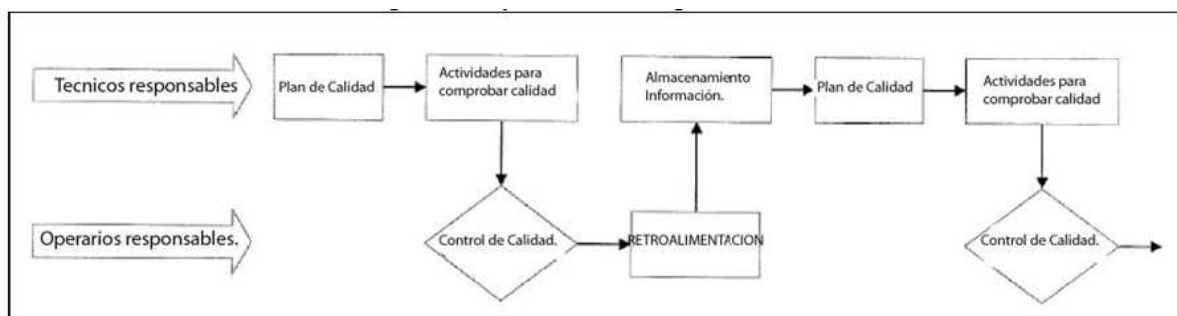


Figura 34 .División de tareas entre técnicos responsables y operarios responsables Fuente [8]

4.9 Reducción de accidentes en la construcción mediante un diseño más eficiente:

4.9.1 Introducción:

La industria de la construcción es posiblemente la industria que presenta más problemas de salud de los trabajadores de media. Los problemas más frecuentes en los operarios de la construcción están relacionados con los que se conoce como desordenes esquelético musculares. Así pues y para poner un ejemplo, en países tan desarrollados en temas de seguridad y salud de los obreros como Suecia 1 de cada 5 obreros han denunciado sufrir estos tipos de problemas y de forma global este tipo de problemas representa un 70% del total en cuanto a causa de bajas laborales se refiere. [24]

Es evidente que a una empresa le cuesta dinero que su trabajador esté de baja laboral, así hay que intentar eliminar las causas de las bajas laborales y más aún si alguna de estas representa el 70% de las bajas totales. [24]

Cuando se habla de costes debidos a bajas laborales no sólo se refiere a los costes directos que tiene la empresa debido a que el trabajador no pueda ir a trabajar, sino también a todos los costes indirectos que la baja también conlleva, entre ellos podemos destacar bajada de la productividad y de la calidad del producto final, costes de reemplazar al trabajador, entrenamiento de otro trabajador... Según un estudio hecho por Hagberg el porcentaje de los costes indirectos están entre el 50-70% del coste total que sufre la empresa cuando el trabajador está de baja. [24 +

Con anterioridad (ver Actividades Estandarizadas), ya se había comentado los problemas de salud que tienen los operarios del mundo de la construcción y la poca atención que las constructoras prestan a este tipo de problemas. Métodos como el cubo de Sperling sirven para saber si una actividad que se está realizando es aceptable o no, si es aceptable se podrá proseguir con la actividad pero si ésta no es aceptable se tendrá que hacer de otra forma, para que la salud del obrero no sufra.

Si la actividad no es aceptable, la empresa perderá mucho tiempo en pensar una forma que sea aceptable de realizar la actividad, ya que el tiempo es dinero, así que lo deseable sería que todas las actividades que se están ejecutando fueran aceptables. En este apartado lo que se explicará es como conseguir un número alto de actividades aceptables mediante el diseño del proyecto, y es que muchas veces cuando se diseña el proyecto no se presta atención en la seguridad y salud de los obreros. [25]

Es bien conocido por todos que los documentos de seguridad y salud de los proyectos acostumbra a ser la documentación hecha de forma más rudimentaria y en muchos casos ésta está incompleta o errónea.

Diseñar pensando en la seguridad no nos substituirá a los controles que se han de hacer en obra mediante el cubo de Sterling, sino que es una actividad complementaria.

Para concluir con la introducción de este apartado indicar que los estudios realizados por Hecker et al, 2005 concluían que muchos de los actuales accidentes que suceden en el mundo de la construcción pueden ser evitados a partir del diseño, escogiendo opciones mejores en la fase de diseño y planificación del proyecto.

Así pues prestar especial atención en la fase del diseño del proyecto en aspectos de seguridad y salud puede resultar especialmente beneficioso para la empresa, ya que minoraremos las situaciones peligrosas, y por tanto el riesgo para los trabajadores y consecuentemente reduciremos el coste que tienen las bajas laborales de este tipo para nuestra empresa.

Tampoco hay que olvidar que los responsables de la ejecución de la obra están obligados a proteger a los operarios de posibles accidentes o lesiones según las directivas Europeas.

4.9.2 Previendo los accidentes en la fase del diseño:

Según el manual de las OSHA'S del 2004, los ingenieros y arquitectos tienen que estar concienciados de las mejoras potenciales que se pueden lograr, si las actividades que han de producir los operarios se revisan de forma detallada en la fase de diseño.

Se ha de tener claro que las decisiones que se hacen durante la fase del pre-proyecto y la fase de diseño del proyecto afectarán de una forma o de otra en la seguridad de los operarios en la obra. Por otro lado la mayoría de estas decisiones también afectaran de alguna forma la seguridad de los usuarios finales, y a los operarios que en un futuro renueven o demuelan la obra.

En la actualidad cuando se diseña el proyecto a ejecutar se tiene en cuenta la seguridad de los usuarios finales en elementos permanentes, como estructuras... pero se obvia conceptos similares para los trabajadores durante el proceso de ejecución de la obra.

Hay muchas maneras de eliminar el riesgo mediante un diseño más eficiente:

- a) *Descarga de equipos y materiales:* Con la industrialización de la construcción y el movimiento gradual de ésta hacia los materiales prefabricados estructurales finalizados que sólo se tienen que colocar en obra, se ha aumentado con notoriedad el número de operaciones de descarga compleja de materiales pesados en la obra. La manipulación de este tipo de materiales es peligrosa si no se hace con cuidado, ya que acostumbran a ser piezas bastante pesadas y que pueden ocasionar más de un problema serio. Además del problema de las piezas se tiene el problema de la maquinaria, ya que la utilización de este tipo de piezas de gran peso obligan en muchos casos a utilizar maquinaria de bastante tonelaje, que puede provocar más de algún accidente mortal. Así pues cuando en el proyecto se diseñe con piezas de este tipo, es importante que el proyectista piense de forma realista si es posible la ejecución de la obra de la manera proyectada. Suponiendo que el proyectista crea que es viable la construcción de esta forma, sería conveniente que indicará como cree que sería mejor la ejecución de esta actividad, indicando tipo del material, maquinaria a emplear etc.. Si el proyectista es capaz de explicar cómo ejecutar las actividades, la empresa constructora ganará en productividad reducirá muchas lesiones graves.

- b) *Diseñar en función de la antropometría de los trabajadores:* No todo el mundo es igual y no todos tienen las mismas condiciones físicas. Así pues diseñar las actividades que requieran esfuerzo físico pensando en la media a nadie le van a ir bien, ya que nadie tiene la media de todo en todo sino que en unas cosas será mejor y en otras peor. Así pues el diseñador debería definir qué tipo de operario sería conveniente para los diferentes tipos de actividad definiendo un valor máximo o mínimo que excluyan a los menos aptos para ejecutarla. Características tales como la fuerza, velocidad, esfuerzo, puntería, frecuencia... deberían ser determinantes para escoger un operario u otro de cara a ejecutar las diferentes actividades.
- c) *Diseñar fácil acceso para los trabajadores:* Este tipo de diseño es muy parecido al discutido en a), pero mientras en a) se decía que era importante que los diseñadores tuvieran en cuenta el acceso para la maquinaria, en este se incide en que los diseñadores deberían también tener en cuenta que los trabajadores tuvieran un acceso fácil al lugar donde han de desarrollar la actividad tanto para empezarla como para salir del lugar donde se ejecuta ésta una vez finalizada, evitando así posibles accidentes por dificultades en el paso.
- d) *Medida y peso de los materiales:* Las dimensiones y el peso de los materiales a utilizar es posiblemente uno de los factores más críticos y que más afectarán a la salud y seguridad de los operarios. La elección de un tipo de material o de otro cambiará drásticamente los riesgos de lesión de los trabajadores, es importante por ejemplo intentar usar el máximo de elementos prefabricados posibles por un lado ya que evitamos que los trabajadores se puedan hacer daño haciendo las cosas in situ, pero por otro lado y tal como se ha explicado en la mayoría de veces la colocación de este tipo de elementos es ardua y complicada, por eso el diseñador ha de ser el que escoja la opción más deseable en todos los sentidos y no solo intentando que la obra tenga el presupuesto más bajo posible.
- e) *Diseñar para los trabajos temporales:* El diseño de las diferentes actividades para intentar evitar futuras lesiones es fundamental si queremos rebajar el número de accidentes en la construcción, pero no se ha de olvidar que hay muchas actividades temporales que no salen en la planificación y que también se han de examinar con cautela ya que muchas de ellas son especialmente peligrosas. Actividades como trabajos en cimbras, en túneles o en movimientos de tierras son trabajos que siempre han sido considerados peligrosos y en los cuales el diseñador ha de poner una atención especial.

4.9.3 La importancia de la comunicación:

Para que se pueda evaluar de forma eficiente los riesgos que las diferentes actividades tienen en el mundo de la construcción, el equipo proyectista necesita tener un equipo multidisciplinar, que le informe de qué tipo de problemas están teniendo los diseños que ellos han proyectado con anterioridad, cuáles han sido las causas de éstos y lo más importante cuáles han sido las consecuencias.

Así pues el equipo lo deberán formar los proyectistas y las personas encargadas de ejecutar la obra los cuales le informarán a éste de los problemas que han surgido y que el proyectista deberá intentar evitar en futuros proyectos similares .

El modelo participativo que se muestra en la figura, muestra las diferentes relaciones que los proyectistas debería tener para poder reducir al máximo el número de accidentes en la construcción.

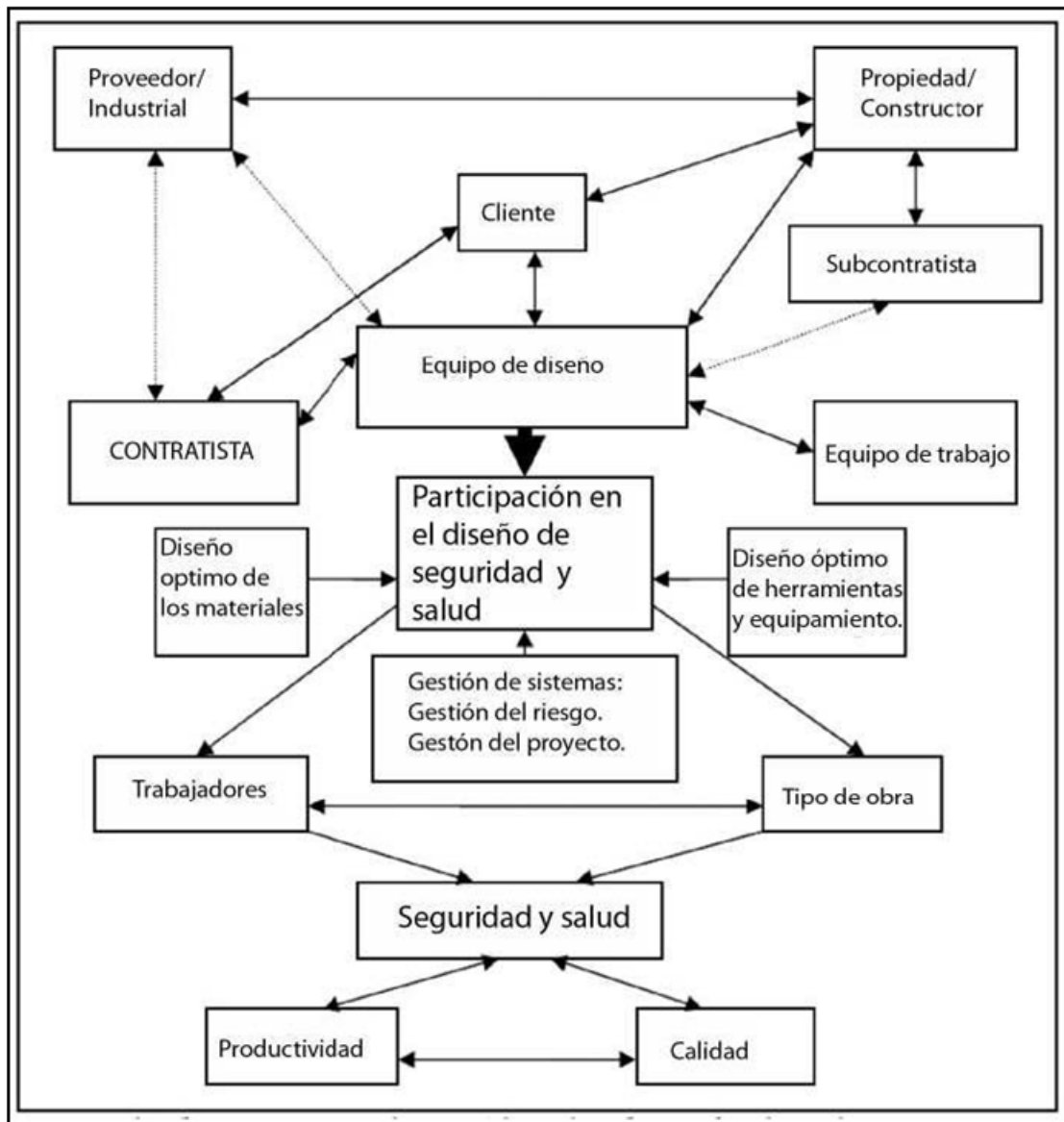


Figura 34. Modelo participativo para reducir los accidentes con el diseño. Fuente [24]

CAPITULO 5

Conclusiones

Las conclusiones obtenidas en la presente tesina son las siguientes:

- La filosofía Lean es eso, una filosofía y no una receta de pasos a seguir. Para convertir una empresa cualquiera a una empresa Lean, pueden existir una infinidad de caminos diferentes.
- Es posible el paso del Lean Thinking al Lean Construction, pues los problemas que sufre en la actualidad la industria de la construcción son los mismos para los que en su día se creó la filosofía Lean Thinking.
- Uno de los mayores errores en los que la industria de la construcción cae de forma continua es marcarse objetivos para un plazo de tiempo demasiado corto. Esto implica, el intento de maximizar los beneficios en cada proyecto singular, como resultado se obtiene un producto final de peor calidad.
- En la actualidad solo se tiene el concepto de cliente como aquel que será el consumidor final y no se tiene en cuenta el cliente interno, que es el que seguirá el proceso de producción en el siguiente paso de la cadena , provocando demoras y gastos en rehacer un trabajo ya hecho de forma innecesaria.
- La aplicación del Lean Construction en la industria Española provocaría una serie de mejoras y un cambio de mentalidad en todos los niveles, se empezaría a aplicar el concepto de mejora continua y a dividir las actividades entre las que agregan valor y las que no.
- Se intuye que las herramientas estudiadas en esta tesina, mejorarían el sistema de planificación de las obras, reduciendo costes y aumentando el ritmo de productividad en la industria.
- En la industria actual se le da muy poca importancia al concepto del valor del conocimiento, provocando que se pierda en el olvido gran parte del conocimiento adquirido en el pasado, la aplicación de herramientas como el Data Warehouse y el Data Mining solucionarían el problema.
- La Filosofía Lean solo tiene sentido en términos de largo plazo ya que todas las herramientas que la filosofía propone se basan en la retroalimentación, por eso la aplicación de la filosofía no implicaría la obtención de mejoras inmediatas

Referencias Bibliográficas

La bibliografía de referencia utilizada en la presente tesina ha sido:

- [1] Botero ,Luís Fernando; Alvarez Villa Marta Eugenia (2005) *Last Planner un avance en la planificación y control de proyectos de construcción.*
- [2] Alarcon,L (1997) *Lean Construction*
- [3] Ballard,G (2000) *The last planner system of production control*
- [4] Koskela,L (1992) *Application of the new production philosophy to construction.*
- [5] Almeida ,J.C. (2002) *Strategic Issues in Lean Construction and the higher education construction market sector.*
- [6] Howell,G (1999) *What is Lean Construction.*
- [7] Ohnno Taiichi (1988) *Toyota Production System.*
- [8] Esben Misfeldt, Sten Bonke (2004) *Quality Control in Lean Construction.*
- [9] Vrijhoef, R., Koskela, L. (1999) *Roles of Supply Chain Management in Construction.*
- [10] Jen Rong Lee, Sung-lin Hsueh (2008) *Utilizing data mining to discover knowledge in construction enterprise performance records.*
- [11] Ampt,A., Wicherson,J.A. (2007) *Optimizing the building process of commercial building using lean construction.*
- [12] Picchi, J.A. (2004) *Construction sites: using lean principles to seek broader implementations.*
- [13] Alarcón, L. Diethem, S. (2004) *Organizing to introduce lean practices in construction companies.*
- [14] Koskela, L. (2004) *Moving on beyond lean thinking*
- [15] Saloman, J.A. (2005) *Applications of the principles of lean production on construction.*
- [16] Vrijhoef, R., Koskela, L. *Revisiting the three peculiarities of production in construction.*
- [17] Salem,O. et. Al. (2006) *Lean Construction: From Theory to Implementation.*
- [18] Dos Santos, A. (1999) *Application of flow principles in the production management of construction sites.*
- [19] Björnfot, A.,Sthen,L. (2005) *Industrialization of construction, a lean modular approach.*
- [20] Picchi, A. (2000) *Lean Principles and the construction main flows.*

-
- [21] Simonsson,P., Emborg,M. (2007) *Industrialization in swedish bridge engineering: A case study of lean construction.*
- [22] Simonsson, P., (2008) *Industrial bridge construction with cast in place concrete.*
- [23] Liker, J (2004) *The Toyota way*
- [24] Rwamamar, R.A., Holzamann, P. (2007) *Reducing the human cost in construction trhough desing.*
- [25] Schenider, S.P. (1999) *Ergonomics in the construction industry.*
- [26]Gustavsson, J.(2007) *Value Stream Mapping- Acase study of construction supply chain of prefabricated massive timber floor elements.*
- [27] Emmitt S. (2005) *The value universe: Defining a value vased approach to lean Construction.*
- [28] Seopan (2009) *Informe anual de la construcción 2007*
- [29] Womack et al (1990) *The machine that changed the world.*
- [30] Rother, M. and Shook, J. (2001) *Learning to see- Value steam mapping to add value and eliminate Muda.*

ANEJO

Masaki Imai, filósofo de empresa; creador del método kaizen (mejora continua)



Nací el año V de la era Showa en Tokio. En tu vida no hay ni personas ni cosas neutrales: o te mejoran o te impiden mejorar, y si no mejoras, no eres persona. Dos hijos: mi esposa sí que es puro kaizen. Dedico mi vida a difundir el kaizen por el mundo. Colaboro con Esade

“En una empresa, el que no suma resta”



SANTI GOMEZ

En tu empresa, en tu profesión, en tu vida: lo que no hace falta sobra; lo que no suma resta. Menos es más.

Pues póngase a trabajar... ¡ya! Elimine el muda (lo que no es necesario, luego estorba) de su vida: respirará.

No es fácil saber qué o quién sobra. Aplique las cinco s japonesas del kaizen.

¿Qué quiere decir kaizen? Kai (cambio) zen (mejorar): mejora continua. El ser humano lo es, porque jamás se da por satisfecho.

El progreso es la obsesión occidental. De forma diversa. En Japón creemos en mejorar las pequeñas cosas -incluso de manera imperceptible- porque millones de pequeños detalles mejorados, acumulados de generación en generación, nos han hecho mejores.

Con nuestros millones de errores.

Si renunciamos a mejorar, dejamos de ser humanos: repetimos un ciclo zoológico. La otra diferencia es que Occidente confunde el progreso con la acumulación: para ustedes, mejorar a menudo es tan sólo acumular más de todo: más dinero, más adornos, más ropa, más máquinas... En cambio, para nosotros mejorar es sobre todo eliminar lo superfluo, el muda.

Veamos sus cinco s del kaizen.

Savi (eliminar muda): fíjese en su mesa...

Mejor hablemos de otra cosa.

¿Ve? Usted tiene en su mesa de trabajo cosas que no necesita y le roban atención, tiempo, energía. Si no le suman, le restan. Y quien no suma en una empresa también está restando.

Si no me estorban, da pena tirar cosas.

¡Error! La mera presencia de algo o alguien que no contribuya a mejorar su trabajo y su vida... es muda: le roba energía, le distrae.

Tengo cosas por si acaso y otras que me da pena tirar: son recuerdos personales.

¿Puede trabajar sin ellos? Entonces... ¡fuera! Después pase a la siguiente fase, el seito: sólo debe quedar en su mesa de trabajo lo que necesita y a su lado a quienes necesita, y debe estar siempre a mano y siempre dispuesto.

¡Sí, señor!

Estuve implantando kaizen en una fábrica de Cincinnati: los empleados perdían valiosísimos instantes, horas al cabo del año, buscando herramientas, porque no habían seleccionado bien las necesarias... ¡Madre! Nos deshicimos de ese muda con seito y todo mejoró.

Si viera la basura de e-mails que recibo...

¡Deshágase de eso! Recupere ese tiempo. ¡No abra jamás un e-mail innecesario!

La belleza de la nada

Le explico a Imai cómo entrevisté para *La Vanguardia* al emperador Akihito en 1985: el palacio Imperial era de una chocante sencillez, nada de muda. Imai asiente satisfecho y sentencia: “La belleza de la nada”. Después le explico cómo los occidentales notábamos que sobraba personal en todas partes: decenas de conserjes, recepcionistas, azafatas en apariencia inútiles... ¿Eso no es muda? Vuelve a asentir sonriente: nadie niega que las multinacionales japonesas emplean a todos los parientes en el paro. “Por eso -razonamos- tenemos que ser tan eficientes, para mantenerlos a todos”. En EE.UU. mandan los consumidores, en Japón los fabricantes y en Europa los funcionarios. Y en todas partes cuecen habas.

... Y el 90 por ciento de llamadas al móvil. ¡No lo coja si no sabe quién le llama y por qué y para qué! Si no va a suponer una creación de valor para su trabajo... ¡elimínelo! Recuperará un tiempo que ya había dado por perdido. Age *quod agis* (haz lo que haces).

Eso es. Cada cosa debe tener su sitio, siempre el mismo: así jamás tendrá que perder tiempo buscándola, pero hay otros cinco muda: de almacenamiento, de sobreproducción, de movimiento, de espera, de retrabajo...

¿De movimiento?

Sea consciente de cada paso que da en el trabajo y por qué: damos muchos para nada y movimientos demeritadas cosas sin necesidad.

¿Hombre! Un paseo laboral tonifica.

¡Pasee, pero no cuando trabaja! Concéntrese en mejorar su proceso de producción y mejorará el resultado y ganará tiempo... ¡Y luego váyase a pasear tranquilamente! Así resumimos las demás s del kaizen: convierta la virtud en rutina y mejore cada día esa rutina en cada detalle. Sólo lo logrará si es consciente de cada momento. Sea humano, no un robot.

Robot significa trabajador en checo.

Un humano laborioso es todo lo contrario de un robot: no repite, logra pequeñas mejoras -incluso de forma imperceptible para los demás- cada día. Poco a poco, mejora mucho.

Sólo hay que ver a un maestro de sushi.

Esa filosofía de mejora continua convierte a Japón en la fábrica de calidad del planeta. Eliminamos inventarios, almacenes, esperas: antes se preveía la demanda, se fabricaba y se almacenaba. Nosotros logramos que sea el cliente quien fije el tiempo de producción.

¿Cómo?

Supongamos que mil clientes piden mil coches. La jornada tiene ocho horas, o sea, 28.800 segundos; si los divide por mil clientes tendrá el *takt time*: 28 segundos. El mercado quiere que fabriquemos un coche cada 28 segundos... ¡Pues hagámoslo! Ni menos ni más.

¿No es mejor fabricar y almacenarlos?

Tendrá usted en stock los productos y eso es un capital allí parado sin producir. ¡Los almacenes son muda! Es ineficiente tratar de averiguar los pedidos del año próximo: ¡ábralos cuando se produzcan! No almacene nada.

La demanda tiene subidas y bajadas.

Si la empresa está bien integrada, los picos disminuyen, porque también los vendedores sabrán conducir la demanda. Cualquier proceso de producción consta de flujo, sincronización y nivelación (*flow, synchronization and leveling*): lo primero es conseguir un flujo adecuado en tu producción estallando cada mínimo detalle y perfeccionándolo cada jornada.

Si voy aprendiendo, eso es kaizen.

Después sincronice producción y demanda, y por fin haga bien su leveling, la asignación de recursos con la mayor eficacia.

No parece tan difícil.

No es un teorema, es una praxis fácil de explicar, pero sólo realizable si la interioriza. Japón, destruido tras la guerra, lo logró y hoy es la fábrica mundial de calidad, y yo enseño kaizen en ella.

LLUIS AMIGUET



Jóvenes vulnerables

40%

de los trabajadores que hacen horas extra no remuneradas tienen entre 25 y 34 años, según la Encuesta de Población Activa del Instituto Nacional de Estadística

Las horas extra cambian de sector

En la industria están más controladas y, en su mayoría, remuneradas, pero en el sector servicios, con menos control sindical, se han generalizado

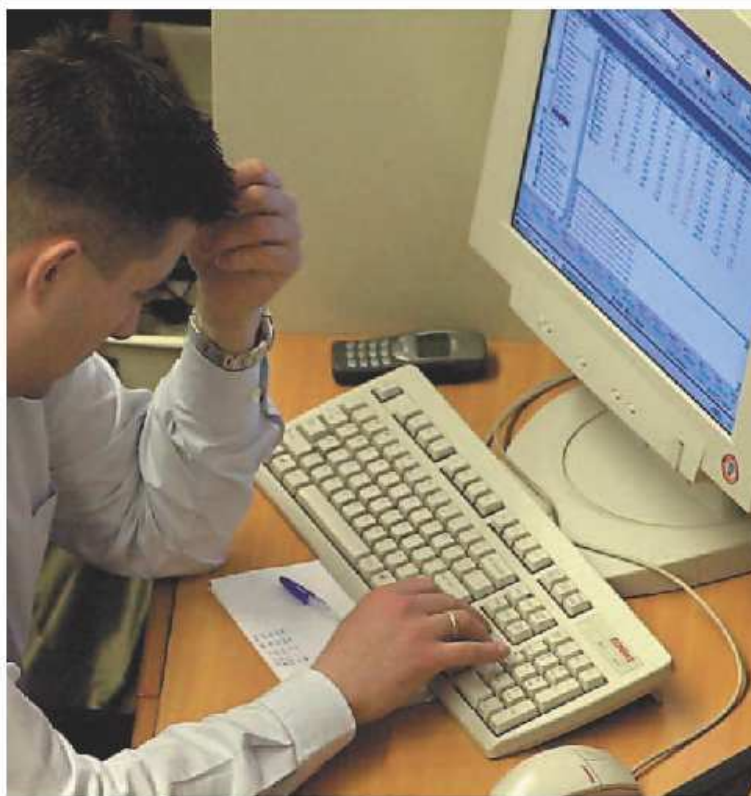
Las jornadas más largas, en oficinas

336.200

trabajadores españoles hacen horas extra sin recibir compensación

83.500

de estos empleados son técnicos y profesionales intelectuales



AP PHOTO

ENTREVISTA

“He llegado a trabajar cuatro meses seguidos sin descansos”

¿Cómo es su jornada habitual como consultor?

El horario de referencia es de ocho horas, pero la realidad es que nos adaptamos al cliente. La empresa juega con la flexibilidad: en teoría, si hoy haces más horas puedes trabajar menos otro día, pero en la práctica nunca llegas a compensar ni una cuarta parte de las horas de más que has hecho.

¿Por qué?

Porque no hay un sistema que calcule las horas de más que hacemos y las que nos tocaría recuperar. Además cada consultor forma parte de un equipo y responde ante un cliente, y no puede desaparecer un día entero. Yo he llegado a trabajar cuatro meses seguidos, sin fines de semana, para arrancar un proyecto, y nunca llegas a recuperar tantas horas.

¿Los trabajadores aceptan esta situación?

Habría que reclamar individualmente ante la empresa, pero muchos no se atreven. La dinámica del trabajo te lleva a hacer estos horarios y los aceptas por miedo a consecuencias en tu proyección profesional, porque ahora las promociones automáticas no existen y dependes de tu jefe. Los jóvenes no temen marcharse si la empresa no les convence, pero las capas intermedias se lo piensan más porque no es fácil irse y mantener el sueldo.



Sergi Fatjó

CONSULTOR INFORMÁTICO, 42 AÑOS. Lleva 10 años en una empresa de tecnologías de la información, 6 de ellos como jefe de proyecto. Coordina el sector de consultoras de UGT Catalunya

¿Cómo repercute el horario en su vida personal?

La conciliación familiar se te complica mucho porque a menudo no sabes a qué hora saldrás de trabajar. Por suerte ahora mi mujer tiene un horario muy estable pero hace unos años, si se nos alargaba la jornada, teníamos que llamar a un servicio de canguros para que nos enviaran una urgentemente a casa a cuidar de los niños.

tualmente estas entidades sólo abren al público una tarde a la semana, muchos trabajadores, sobre todo directivos y cargos intermedios, se ven obligados a trabajar cada día más allá del horario comercial. Los sindicatos, muy activos en este sector, llevan años persiguiendo esta práctica, pero el nuevo convenio firmado el pasado mes de octubre, con la única ausencia de UGT, sólo ha reconvertido el problema: algunas oficinas podrán abrir cada tarde, aunque compensando a los trabajadores.

Juan Manuel Tapia, de CCOO, asegura que de esta manera “se legaliza la situación de los trabajadores que ya hacían este horario de facto”. En cambio Ángel Campadabál, secretario sectorial de cajas de UGT, opina que así se abre en el sector “un futuro incierto: en teoría, el trabajador de una oficina con este nuevo horario puede solicitar el traslado a otra que sólo abra por las mañanas, pero encontrar una cercana a su domicilio puede no ser tarea fácil, por lo que la voluntariedad de la medida es sólo relativa y al final afectará a mucha gente”.

Jornadas muy largas pero poco productivas

Los españoles trabajan, de media, 150 horas más al año que la media europea, según un estudio de la Universidad de Pensilvania. Pero las jornadas laborales más largas no implican necesariamente una mayor productividad: es decir, no por trabajar más tiempo lo hacemos mejor. Según el Euroíndice Laboral Adecco-IESE, España es el tercer país europeo con una jornada laboral más larga pero, en cambio, presenta uno de los rendimientos más bajos por hora trabajada.

“Muchos empresarios ven aún con buenos ojos que los empleados estén más horas de las debidas en su puesto de trabajo, aunque estas horas no sean productivas, y no se dan cuenta de la desilusión que reina a su alrededor”, lamenta Nuria Chinchilla, directora del Centro Internacional de Trabajo y Familia del IESE. La gente se queda a calentar el asiento

porque es lo que está bien visto, pero muchos están mentalmente ausentes”. Y es que, según un estudio de la Oficina alemana de Protección del Trabajador, trabajar más de 8 horas al día no sólo perjudica la salud de los empleados sino que, además, reduce sus capacidades y su motivación.

Joan Pere Salom, gerente del área de Human Capital de Deloitte, opina que “en España se trabajan muchas horas pero de forma ineficiente, porque en las escuelas no se enseña una habilidad básica que necesitamos durante toda la vida: aprender a gestionar nuestro tiempo”. Ignacio Buqueras, presidente de la Comisión Nacional para la Racionalización de los Horarios Españoles, asegura que en Europa los horarios españoles se consideran una rareza: “Conozco el caso de un directivo de banca español que se fue trabajar a Suiza. Para hacer méritos

ante su superior se quedaba a diario dos horas más que sus compañeros, que marchaban a las cinco de la tarde. Al cabo de unos días su jefe suizo vino a echarle bronca y le preguntó si era tan improductivo que no era capaz de acabar su trabajo a la

Los españoles trabajan al año 150 horas más que la media europea pero su rendimiento es de los más bajos

hora”. En cambio, lamenta Buqueras, muchos directivos españoles “valoran más la presencia física del empleado en la empresa, que asocian a un concepto de fidelidad, que la eficiencia real de su trabajo”.

El resultado son horarios de sol a sol que dificultan enormemente la conciliación del trabajo

con la vida familiar. “Ahora es normal que los dos miembros de una pareja lleguen a casa a las 8 ó las 9 de la noche”, lamenta Buqueras, “y así no son de extrañar el elevado índice de divorcios, la baja natalidad o los problemas de fracaso escolar de los hijos”.

Tarde o temprano la empresa tendrá que cambiar sus planteamientos porque las nuevas generaciones que llegan al mercado laboral no están dispuestas a sacrificar su tiempo personal para regalar horas al trabajo. “Antes de preguntar por el sueldo, los jóvenes de ahora preguntan a qué hora saldrán. Son más exigentes y no buscan un trabajo para toda la vida, sino aquel que le permita disfrutar de su vida personal”, explica Salom, de Deloitte. “Ser una empresa familiarmente responsable ya no es un lujo: es una necesidad para retener a los empleados”, concluye Chinchilla.